This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

Eng
778
69

GODFREY LOWELL CABOT SCIENCE LIBRARY
of the Harvard College Library

This book is
FRAGILE
and circulates only with permission.
Please handle with care
and consult a staff member
before photocopying.

Thanks for your help in preserving
Harvard's library collections.

Eng 778.69

TUNNEL SOUS-MARIN

ANGLO-FRANCAIS

10591. — IMPRIMERIE GÉNÉRALE DE CH. LAHURE
Rue de Fleurus, 9, à Paris

MÉMOIRE

SUR LES PLANS DU PROJET NOUVEAU

D'UN

TUNNEL SOUS-MARIN

ENTRE

L'ANGLETERRE ET LA FRANCE

PRODUITS

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1867

ET SUR LES DIFFÉRENTS SYSTÈMES PROJETÉS
POUR LA JONCTION DES DEUX TERRITOIRES DEPUIS L'ORIGINE DE CES ÉTUDES
EN 1833

TUNNEL IMMERGÉ — PONT SUR LE DÉTROIT — BAC FLOTTANT — ISTHME DE DOUVRES
TUNNEL SOUS-MARIN

PAR M. A. THOMÉ DE GAMOND

INGÉNIEUR CIVIL

Mente, corde, manu.

DEUXIÈME ÉDITION

REPRODUISANT LE MÉMOIRE AUTOGRAPHIÉ DE 1867

avec un Atlas de Planches gravées en couleur offrant la réduction des Planches exposées

PARIS

DUNOD, ÉDITEUR

Successeur de Carilian-Goery et V. Dalmont

LIBRAIRE DES CORPS IMPÉRIAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES

49, Quai des Grands-Augustins, 49

1869

Eng 778.69

HARVARD COLLEGE LIBRARY
DEGRAND FUND
July 13, 1923

AVIS DE L'AUTEUR.

—

Cette nouvelle édition reproduit notre Mémoire autographié, distribué pendant l'Exposition universelle de 1867.

Toutefois, depuis l'Exposition, la question du Tunnel sous-marin a fait un grand pas, au point de vue pratique, par la formation d'un comité anglo-français de promoteurs et d'ingénieurs notables des deux pays, réunis désormais dans une confraternité mentale pour préparer l'exécution de ce projet.

Le but que nous nous étions proposé dans cette Exposition est donc atteint. Nos travaux, autrefois solitaires, se trouveront maintenant confondus avec ceux de nos collègues dans une œuvre où s'absorbera la personnalité de chacun de nous, pour l'élaboration d'un plan final.

Ce n'est donc plus qu'à titre de document antérieur et sur l'invitation de nos amis que nous reproduisons le présent Mémoire, résumé succinct des nombreuses transformations de cette étude depuis trente-six ans.

1er avril 1869.

A MES MAITRES[1].

—

A MONSIEUR L. CORDIER,

Membre de l'Institut, professeur de géologie au Muséum, président du Conseil général des mines.

Lorsqu'à la fin du siècle dernier la science armée posa le pied sur la terre d'Égypte, désigné par Monge et Dolomieu, vos illustres maîtres, comme le plus digne parmi la jeunesse de votre temps, vous eûtes la gloire de coopérer aux travaux de cette expédition héroïque.

Ceint de l'épée du guerrier, explorant, à travers les embuscades de l'Arabe étonné, le désert ennemi, où sol, climat, habitants, tout vous était contraire, vous préludiez, âgé de vingt ans, à cette longue série d'observations qui a jeté tant d'éclat sur votre enseignement pendant toute la première moitié du dix-neuvième siècle.

Priestley nous avait fait connaître le milieu atmosphérique dans lequel nous respirons. Vous nous avez enseigné la substance du sol planétaire sur lequel nous marchons. Si la fondation de la chimie pneumatique, par

1. Cette épître dédicatoire, n'étant pas destinée d'abord à la publicité, n'avait été tirée, dans l'édition de notre premier Mémoire publié en 1857, qu'à dix exemplaires. Nous avons cru devoir la reproduire en tête de la présente édition, comme un hommage à nos maîtres.

le grand Priestley, fut l'événement scientifique le plus considérable du dix-huitième siècle, votre *Théorie de la température terrestre* marque, dans celui-ci, le progrès le plus saillant de la philosophie du monde physique. Elle contient les principes impérissables qui ont servi de base définitive à la géologie.

Puisse votre verte et brillante vieillesse, couronnant une vie si laborieuse, se prolonger longtemps, vénérable maître, pour la gloire de la science, dans ce siècle que vos travaux ont éclairé[1]!

A MONSIEUR A. DUFRÉNOY,

Membre de l'Institut, professeur de minéralogie au Muséum et à l'École des mines, inspecteur général, directeur de l'École des mines.

Hélas! maître cher et regretté, vous qu'une mort si prompte et si imprévue[2] vient de nous ravir la veille du jour où vous alliez remonter dans cette chaire du Muséum, tant de fois illustrée par votre parole, permettrez-vous à votre disciple de vous adresser, jusque vers ces régions sereines où plane votre esprit, l'hommage d'un travail que votre indulgent suffrage avait encouragé?

Avant vous, digne et savant maître, la minéralogie était circonscrite dans les termes de programmes méthodiques peut-être, mais incomplets. Votre classification naturelle des corps, aujourd'hui partout adoptée et qui résume votre enseignement, a élargi l'étude des fonctions imposées au minéral, depuis l'état d'apparente inertie où il attend sa destination ultérieure, dans les réserves de la nature, jusqu'aux modifications que l'homme

1. L. Cordier mourut le 30 mars 1861.
2. A. Dufrénoy était mort le 20 mars 1857, pendant l'impression de ce mémoire.

lui impose pour son usage. Elle permet de suivre les transformations que l'élément subit, à travers même le monde atomique de l'organisme vivant, jusque dans les passages mystérieux et subtils, aux confins de l'esprit, où la substance déliée semble perdre son essence matérielle. Par là votre enseignement a ouvert à la science un horizon sans limites.

Dans le souvenir de vos disciples, votre nom restera uni à celui de vos deux collègues, comme l'ont été vos travaux dans ce religieux concert mental pour l'étude du monde physique. Une sainte ardeur pour la science a groupé autour de vos chaires les mêmes hommes accourus de tous les points de la terre pour recueillir et répandre votre parole. En dépit de quelques sceptiques s'agitant sans écho, à l'époque la plus philosophique et la plus religieuse qui fut jamais, votre triple sacerdoce a dignement consacré le triomphe définitif du grand dogme scientifique de l'Unité de plan dans la nature.

A MONSIEUR L. ÉLIE DE BEAUMONT,

Sénateur, professeur de géologie au Collége de France et à l'École des mines, inspecteur général des mines, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.

Tandis que le regard de vos deux illustres collègues pénétrait dans les profondeurs de l'écorce terrestre, jusqu'au centre de la planète, pour en scruter la température et la constitution intime, le vôtre s'étalait sur tous les horizons du sphéroïde, et constatait les lois qui ont présidé à la formation de ses coulées et de ses sédiments.

La lumière répandue par l'exposé de ces lois, sur la condition physiologique des terrains, a mis fin aux regrettables dissidences scientifiques dont notre jeunesse fut témoin, et a eu ce résultat direct de fournir au

génie des mines des bases certaines pour le diriger dans la recherche et dans l'exploitation des gîtes minéraux.

Généralisant par des observations précises sur les continents, et en particulier sur le sol français, les recherches locales dans lesquelles les Anglais nous ont précédé, vous avez enseigné à vos contemporains la synthèse génésique du globe.

En étudiant, dans votre *Système de montagnes*, les rides gigantesques inscrites au front vieilli de la planète, l'esprit, par un élan rétrospectif, mesure avec effroi l'âge relatif des grands cataclysmes qui ont préparé cette immense palingénésie. Forte de vos enseignements, la pensée remonte le cours des âges disparus, et contemple dans toute sa gloire le travail des grandes journées de la création antérieure. Ainsi nous apparaît, avec une majesté non moins splendide, l'œuvre de la création actuelle qui se prolonge durant ce septième jour, dans le champ cultivé de longue main pour servir de domaine à la jeune humanité, sous le souffle puissant de l'Éternel.

Votre parole a dissipé pour toujours les songes naïfs dont les races primordiales se sont nourries dans leur première enfance. Toutes les nations adultes ont accepté avec empressement la doctrine consolante qui découle de vos enseignements. Elle explique comment l'humanité, fraîche éclose d'hier, faible et vacillante à son premier pas, peut s'avancer aujourd'hui, avec concert et fermeté, sur la route glorieuse qu'elle poursuit dans le ciel de Dieu.

Vous avez soulevé le voile des origines terrestres et enseigné la sainteté de la poussière. Vous avez agrandi et affermi la croyance. Oui, la Terre est un des jardins de Dieu, dans lequel il se révèle à nous en permanence. Oui, nous devons aimer cette Terre, support divin de l'esprit, tombe bénie de tout ce qui nous a précédé, berceau mystérieux de tout ce qui doit nous suivre !

Fidèle à cette grande tradition, la génération actuelle ne se laissera pas intimider par les doléances de ceux qui regrettent la vie contemplative du temps passé, et qui s'attristent de voir l'humanité attachée plus forte-

ment que jamais à sa demeure, pour la mieux connaître et l'embellir. Elle se dira que cet ébranlement collectif des peuples vers le travail est dans les desseins de Dieu, qui permet aujourd'hui à l'homme de mieux discipliner les forces physiques, au profit du règne de l'esprit. Elle tiendra pour aveugles ou ingrats ceux qui crient à la déchéance et qui ne voient pas qu'en se modifiant, la vie morale monte et s'agrandit sans cesse au-dessus des basses appétences du sensualisme. Elle répétera, à votre exemple : Travaillons, travaillons toujours, pour la glorification de celui qui ne se repose jamais, à l'embellissement du domaine dont il nous a confié la culture !

MAÎTRES VÉNÉRÉS,

A vous donc l'hommage pieux d'un travail dont l'initiative remonte à vos enseignements ! Votre disciple attendait, pour vous l'adresser en liberté, que la phase d'examen officiel, auquel vous avez concouru pour l'édification du gouvernement, fût parcourue. Pourquoi faut-il que depuis lors une mort soudaine ait ravi à la science et à la patrie, dans tout l'éclat de sa vigueur, une des plus hautes intelligences de notre époque ! Recevez avec indulgence ce tribut filial d'un humble messager, parti depuis vingt-cinq ans sur l'autorité de votre parole, et qui revient à vous, rapportant sa faible part d'une moisson durant laquelle vous l'avez assisté en esprit. Si le but final, objet de cette étude, est un jour atteint, les générations qui jouiront du monument projeté vous sauront gré d'en avoir, par vos lumières, préparé l'exécution, et d'avoir en cela fortifié le lien moral de deux grands peuples.

Puisse le bienveillant accueil dont vous avez honoré le travail de votre disciple, lorsque tout récemment il vous a rencontré parmi les juges officiels de son œuvre, lui présager aussi le suffrage indulgent du public !

Paris, 5 avril 1857.

INTRODUCTION.

L'ISOLEMENT GÉOGRAPHIQUE DE L'ANGLETERRE VA FINIR.

Dieu a voulu qu'il y eût des nations. En les disséminant sur la terre, la divine Providence les a, dès le principe, séparées par des obstacles capables de protéger leur berceau : là de hautes montagnes, des fleuves profonds; ailleurs le désert, ici l'Océan.

Sans doute cet isolement primordial des peuples fut nécessaire, pour des plans suprêmes d'harmonie. Il permit à chaque groupe de développer sans trouble le type de sa race. Il facilita l'essor de son caractère propre et différentiel.

Plus tard, quand cette œuvre d'agrégation initiale fut consolidée par la persistance des liens puissants d'une commune origine, un besoin général d'expansion se manifesta chez ces peuplades primitives : d'abord par la guerre et la spoliation; ensuite par la religion et le commerce.

Si notre jeune humanité, vue dans son ensemble, est dans un état moral peu avancé, si l'homme selon Dieu est encore une rare exception dans la foule, un certain nombre de nations néanmoins paraissent adultes et disposées déjà à tenir digne-

ment leur partie dans le concert harmonieux des peuples préparé pour nos descendants.

Nous avons constaté ailleurs, comme un signe manifeste de l'esprit religieux de notre temps, la propension générale des nations à abaisser les remparts, naturels ou factices, derrière lesquels se retrancha longtemps leur antagonisme.

L'indice de cet entraînement se vérifie par les efforts contemporains pour aplanir les principaux obstacles qui interrompent les routes commerciales des peuples : la coupure de l'isthme de Suez, en cours d'exécution, celle de l'isthme américain déjà préparée[1], le percement des Alpes bientôt terminé ; enfin le projet de jonction du territoire anglais au continent d'Europe, par une voie souterraine et continue à travers le détroit de Douvres : travail qui est l'objet du présent Mémoire.

Un sentiment de résistance intéressée semblait d'abord s'opposer à l'exécution de ces grands projets. Il émanait de quelques-uns des derniers représentants du vieil esprit de rivalité qui divisait jadis les gouvernants pour des vues personnelles d'ambition ou de vaine popularité. Ces aveugles champions du passé ont actuellement disparu et fait place à une génération d'hommes d'État animés de tendances vers un apaisement plus fécond.

Tandis que le vieux penchant au despotisme et à la rapine

1. Nous avons réuni dans un mémoire séparé les *Études du canal de Nicaragua par la submersion des vallées*, dont les plans figurent à l'Exposition universelle, avec ceux du Tunnel sous-marin, dans la grande galerie des machines (section d'Amérique).

survit encore chez quelques races asiatiques, les peuples formés à la civilisation s'efforcent de lui opposer, dans leurs traités internationaux et dans leurs propres lois, cet esprit de justice et de liberté dont le triomphe sera la gloire de notre temps.

Sous l'influence d'une École qui laissera derrière elle une trace lumineuse, les forces collectives des nations, entraînées autrefois pour « détruire » sur les champs de bataille, ont été transportées pour « produire » dans le champ pacifique de l'industrie.

Combien, sous cette salutaire influence, la vie morale s'est élevée ! Il y a quelque trente-six ans déjà, dans un banquet patriotique où l'on chantait l'hymne immortel de nos pères, un jeune électeur osait s'écrier : « Plus de Marseillaise ! » Grande stupéfaction de l'assistance offensée dans ses plus vifs sentiments de patriotisme. « Oui, répéta l'interrupteur, plus de Marseillaise ! Ce chant fut sacré pour nos pères, nobles vengeurs d'un passé malheureux et d'un régime aujourd'hui disparu, grâce à leur courage. Mais pour nous, qui voyons des sœurs dans les nations et des frères dans tous les hommes, IL N'Y A PLUS DE SANG IMPUR ! »

Saisie d'un attendrissement inexprimable, l'assemblée répondit par une salve d'applaudissements.

L'évolution soudaine dont cette scène fut l'expression, s'accomplit aujourd'hui en grand dans le monde, avec une moins prompte énergie, sans doute, mais avec un progrès

vers l'apaisement qui, pour être plus lent, n'en est pas moins certain.

Un concert des intelligences se prépare visiblement dans l'humanité. Au-dessus des levains mauvais qui survivent et fermentent encore sur quelques points de la foule, il est incontestable qu'un mouvement religieux irrésistible précipite maintenant les intérêts vers l'association, les cœurs vers l'union, les esprits vers la synthèse!

L'isolement des nations qui dans le passé fit leur force, ferait aujourd'hui leur faiblesse. Plusieurs d'entre elles paraissent l'avoir sérieusement compris. Chacune fait des efforts pour attirer chez elle le mouvement de l'étranger; toutes accusent une tendance manifeste vers la pénétration pacifique des peuples.

L'Angleterre, séparée trop longtemps du mouvement général européen, avait mis à profit cet isolement pour se fortifier d'abord dans sa vie propre. Elle étendit ensuite sa suprématie sur les mers et répandit ses enfants dans toutes les contrées du globe, déposant ainsi partout des séminaires de civilisation.

Aujourd'hui cette grande nation est entrée résolûment dans le concert économique de l'Europe, dont elle est un des plus solides et des plus féconds éléments.

Mais pour obtenir sa part légitime des avantages attachés à la moderne fédération du travail, il est nécessaire que l'Angleterre devienne elle-même une nation continentale, au même

titre géographique que les péninsules d'Espagne et d'Italie, en se rattachant au continent d'Europe par un isthme continu. Autrement, ses grands ports de commerce et ses grandes cités industrielles ne pourraient plus, pour la distribution de leurs produits, profiter, à l'égal des autres peuples, de l'économie offerte par le nouvel instrument de transport qui pénètre partout : la voie ferrée.

L'illustre Richard Cobden avait bien compris, et nous exprimait parfois sa crainte, que l'isolement du réseau des railways anglais de ceux du continent ne devînt plus tard une cause d'infériorité relative pour le trafic avec la France et pour le transit continental.

Cette pensée le préoccupait sérieusement. Aussi avait-il adopté avec enthousiasme le projet du « submarine tunnel, » dont il attendait des résultats non moins féconds pour l'ordre moral que pour l'intérêt économique.

« Il ne suffit pas, répétait cet apôtre de la liberté commerciale, de mettre d'accord les gouvernements et les hommes d'élite de chaque pays ; il faut que cet accord pénètre dans les foules des deux nations, et c'est notre devoir de leur fournir tous les moyens de multiplier un contact incessant qui mettra fin assurément aux préjugés surannés et aux vieilles idées d'antagonisme. »

Richard Cobden était convaincu que les deux grandes nations voisines, sincèrement unies désormais dans une alliance solidaire, par la confusion des intérêts, et sûres l'une de l'au-

tre comme deux sœurs, seraient en position, par leur ascendant moral et la puissance matérielle de leurs quatre-vingts millions d'hommes, d'imposer la paix dans l'avenir au reste du monde. C'est de ce point de vue élevé que la création du tunnel sous-marin lui apparaissait jusqu'à sa dernière heure comme une œuvre de concorde et de civilisation. Aussi répétait-il à ses amis, dans ces instants suprêmes : « Si le submarine tunnel est possible, il faut le faire ! »

Que faudrait-il réellement, pour faire cesser cette cause d'infériorité reconnue par Cobden ? Il suffit, nous le répétons depuis l'année 1833, il suffit de combler la lacune géographique qui interrompt maintenant la route de l'Angleterre, en ouvrant, à travers les terrains situés sous le détroit, une voie de jonction qui reliera le territoire anglais au continent.

Alors l'infériorité prévue disparaîtra. Le grand port de Liverpool et les autres ports d'Angleterre, présentement isolés, se trouveront placés, par rapport au continent, dans une situation semblable à celle des autres cités océaniques, telles que le Havre, Brest, Nantes, Bordeaux, Lisbonne et Cadix, actuellement reliées au réseau des chemins de fer européens.

Ce réseau continental s'étendra ainsi jusqu'au nord de l'Écosse, et par suite peut-être jusqu'en Irlande. Les wagons anglais pourront alors pénétrer sans rompre charge dans toutes les gares du continent, avec moins de difficultés et moins de frais qu'il n'en faut pour franchir les Pyrénées ou les Alpes.

L'intérêt de la France dans la question n'apparaît pas

moins grand que celui de l'Angleterre. A ceux qui penseraient que le tunnel sous-marin est une affaire britannique, nous répondrons que le commerce de la France avec l'Angleterre est égal au quart de notre commerce avec le monde entier. Il équivaut seul au total du trafic de la France avec les quatre nations limitrophes les plus commerçantes : la Belgique, le Zollverein allemand, la Suisse et l'Italie.

Nous avons pensé qu'il serait utile de profiter de l'Exposition universelle de cette année pour replacer sous les yeux du public le projet du tunnel sous-marin dans l'état actuel de notre étude, avec toutes les transformations et les variantes que nous avons fait subir à ce projet de jonction depuis trente-cinq ans, *mente, corde, manu*. Nous avons l'espérance que ces travaux pourront peut-être suggérer à des ingénieurs anglais l'idée de se vouer sérieusement à cette entreprise qui intéresse au plus haut degré leur patrie; mais qui ne peut, selon nous, être réalisée qu'avec le concours collectif d'un certain nombre d'ingénieurs des deux nations. Leur association mentale permettrait d'introduire de nouvelles lumières techniques propres à confirmer notre travail ou à redresser nos erreurs. Nous serions heureux de leur avoir préparé les voies par nos recherches laborieuses poursuivies pendant la vie entière d'un homme. Puissent des esprits plus habiles les utiliser pour la réalisation de cette œuvre au grand profit du bien public!

25 mars 1867.

ÉTAT DES PLANS

EXPOSÉS A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1867, POUR L'ÉTUDE DU TUNNEL SOUS-MARIN ENTRE L'ANGLETERRE ET LA FRANCE: CLASSE 65. GRANDE GALERIE DES MACHINES, SECTION D'AMÉRIQUE[1].

PLANCHE I.

1° Plan du tunnel sous-marin entre l'Angleterre et la France, à l'échelle de $\frac{1}{5.000}$. 2° Diagramme géologique et hydrographique des terrains traversés par le tunnel. Même échelle. Longueur : 8 mètres.

PLANCHE II.

Études du tunnel sous-marin. — Carte géologique et hydrographique du détroit de Douvres indiquant les directions des huit lignes étudiées, de 1833 à 1867, par M. Thomé de Gamond, pour les différents systèmes de jonction entre l'Angleterre et le continent.

PLANCHE III.

Études du tunnel sous-marin. — Profils géologiques et hydrographiques des huit lignes de jonction étudiées, de 1833 à 1867, par M. Thomé de Gamond, pour relier l'Angleterre au continent. — Tunnel immergé — Pont sur le détroit — Bac flottant — Isthme de Douvres — Tunnel sous-marin.

PLANCHE IV.

Études du tunnel sous-marin. — Batardeau-Flotteur. Méthode de construction pour les jetées à la mer.

1. La place primitivement attribuée pour ces plans, dans le hangar de l'avenue Labourdonnaye, étant trop isolée des regards du public, nous avons dû réunir l'exposition du Tunnel sous-marin dans un espace disponible, au-dessus des plans du Canal de Nicaragua, espace qui nous a été attribué par la Commission Impériale pour nos travaux sur le grand canal interocéanique de l'Amérique centrale.

PLANCHE V.

Études du tunnel sous-marin. — Plans et profils des voies d'accession du tunnel.

Les plans que nous exposons au Champ de Mars contiennent les légendes explicatives suffisantes pour l'intelligence du projet. Mais comme la substance de ces légendes assez nombreuses ne pourrait se fixer dans la mémoire du visiteur, nous avons cru devoir les réunir et les développer pour en former le présent Mémoire auquel nous ajoutons un Atlas de trois planches offrant la réduction des principales figures exposées[1].

L'ingénieur, muni de ce document, pourra emporter ainsi un souvenir sommaire de ce travail avec tous les éléments de contrôle nécessaires pour son examen.

Autant que pouvaient le permettre les exigences du sujet, et sans nuire à la clarté, nous nous sommes imposé, dans une question de cette nature, une certaine sobriété de détails techniques, et cela en vue d'être compris d'un plus grand nombre de lecteurs.

1. Les dessins de notre Mémoire autographié sont remplacés dans la présente édition par des planches gravées en couleur d'après le procédé de MM. Avril frères.

TUNNEL SOUS-MARIN

ANGLO-FRANÇAIS

PREMIÈRE PARTIE

PROJETS ANCIENS

CHAPITRE I

ORIGINE DE CES ÉTUDES

1833

Nos précédentes publications indiquent l'origine de nos premiers travaux sur cette question depuis l'année 1833.

Nous avions débuté, dans les premiers essais d'application de notre jeunesse, en sortant de l'école du Water Staat, par un projet de desséchement de la mer d'Harlem, durant les dernières années de la Restauration. Nous avions offert au roi des Pays-Bas, Guillaume Ier, l'hommage de ce travail, comme tribut de reconnaissance pour la faveur exceptionnelle qu'il nous avait accordée de terminer nos études techniques dans les écoles de ses États, alors que le chef de notre famille, le

comte Antoine Thibaudeau, était exilé de France et réfugié dans son royaume, par suite de la loi de proscription du 12 janvier 1816[1].

Le relevé des sondes du lac d'Harlem, fait par nous sur la demande de M. l'ingénieur des ponts et chaussées Frimot, qui projetait ce desséchement, avait développé en nous-

1. Le roi des Pays-Bas, Guillaume Ier, était fils du prince d'Orange-Nassau, dernier stathouder de Hollande. Il avait émigré en Allemagne pendant les guerres de la Révolution. Le traité de paix de Lunéville lui avait attribué en compensation, comme prince allemand dépossédé, la petite principauté de Fulda et de grandes indemnités d'argent. Ce prince vint à Paris en 1802, sous le nom de comte de Dietz, pour la liquidation de ses indemnités. Il fut présenté par Lehoc, ex-ambassadeur de France en Hollande, à l'ancien conventionnel Antoine Thibaudeau, alors conseiller d'État, dans la famille duquel il fut reçu pendant tout son séjour avec une grande cordialité. Devenu roi des Pays-Bas en 1815, Guillaume Ier vit Antoine Thibaudeau, exilé à son tour, après avoir été successivement interné à Vienne, Prague, Augsbourg, venir chercher un refuge dans son royaume, en 1824, et le protégea ouvertement contre la police tracassière de la Sainte-Alliance. Le comte Thibaudeau le pria de vouloir bien permettre à son jeune neveu, qui l'avait rejoint à l'âge de 15 ans dans son exil, d'achever ses études dans les hautes écoles des Pays-Bas : ce qui fut accordé gratuitement, sans examen, et avec invitation aux professeurs d'aider l'élève par de fortes répétitions en dehors des cours.

« Je n'ai pas oublié la bonne hospitalité que le comte de Dietz (nom de Guil-« laume Ier pendant son émigration) a reçue de vous à Paris, après Lunéville. « Vous et votre famille m'appartenez maintenant, comme une épave des grandes « tempêtes politiques. Votre neveu sera admis librement dans toutes les « écoles de mes États. Je viens d'en donner l'ordre. » (Lettre autographe du roi Guillaume Ier au comte Antoine Thibaudeau, 2 juillet 1824.)

Ce fut grâce à ce bienveillant patronage que l'auteur de ce mémoire obtint le précieux privilége de pouvoir compléter à la fois, en cinq années, ses études médicales, celles du Droit, du Génie militaire et du Génie civil. Cette dernière profession, plus conforme à ses aptitudes et à ses goûts, eut, dans la pratique, la préférence sur les trois autres. Rentré dans son pays en 1829, le jeune ingénieur reconnut trois lacunes importantes dans son instruction professionnelle : d'une part le Génie des mines, d'autre part l'enseignement industriel et agricole. La première de ces lacunes fut comblée dans les écoles de France, les deux autres dans l'atelier même de plusieurs grandes usines et de domaines placés sous sa direction.

même un goût tout particulier pour l'hydrographie et pour les grands travaux hydrauliques.

Rentré en France vers la fin de la Restauration, nous fûmes conduit plus tard à étudier les formations géologiques et les atterrissements anciens des vastes estuaires présentement occupés par les vallées inférieures de nos fleuves. Cet examen, qui se rattachait d'abord au projet de desséchement de la Camargue du Rhône, élaboré par nous sous les auspices de M. Gorsse, comprenait la comparaison par analyse des divers limons formant le sol de ces vallées, ainsi que la constatation de leur origine et de la provenance successive de certaines alluvions océaniques, depuis les travaux effectués en France par les Hollandais au dix-septième siècle. Notre investigation s'étendit peu à peu sur les cordons littoraux de l'Océan, depuis la Gironde jusqu'aux bouches de l'Escaut.

Ce fut pendant l'exploration géologique du littoral de la Manche que nous vint la première pensée d'une voie de communication entre l'Angleterre et le continent.

D'après l'aspect des lieux, cette communication nous paraissait avoir jadis existé naturellement et avoir cessé par suite de l'ablation multiséculaire des sédiments crayeux, qui avait ouvert et élargi le détroit de Calais. Dès lors n'était-il pas possible à l'industrie humaine de rétablir entre ces deux contrées l'équivalent de cette antique connexion?

Mû par cette pensée et désireux d'obtenir un profil régulier du relief du sol sous-marin dans le détroit de Calais, nous fîmes une première campagne hydrographique, en 1833, pour relever les sondes marines entre cette ville et Douvres, sur une ligne de 40 kilomètres, dont la figure n° 1 de la planche II donne le profil. Nous eussions pu nous épargner

cette opération assez laborieuse et quelque peu coûteuse pour un jeune ingénieur, si nous avions pu prévoir que ce même travail allait être entrepris en grand deux ans après dans le détroit, par Beautemps-Beaupré.

Toutefois cette étude nous séduisait par un irrésistible attrait. Nous fûmes entraîné, pour la suivre, à délaisser un autre projet déjà commencé par nous sous l'incitation de Brisson, auquel nous avions eu l'honneur d'être présenté par l'illustre Fresnel, en 1827, peu de temps avant sa mort. Ce projet, consistant dans un travail de canalisation pour la communication du bassin de la Loire avec la Gironde, par les vallées de la Vienne, du Clain et de la Charente supérieure, avait alors une utilité capitale qui a perdu une partie de son importance depuis l'établissement des voies ferrées.

CHAPITRE II.

PREMIER PROJET. — TUNNEL IMMERGÉ.

1834

Notre premier projet, achevé en 1834, pour la traversée du Pas-de-Calais, consistait naturellement dans l'immersion d'un tube de fer par sections, disposé au fond du détroit pour recevoir un muraillement intérieur en maçonnerie. C'est la méthode la plus élémentaire en apparence, par où semble devoir préluder tout ingénieur qui se propose un pareil but, alors qu'il n'a pas encore acquis la notion et la mesure des obstacles dont le sol sous-marin est hérissé. Ces obstacles se composent d'une multitude de collines sous-marines dont l'aplanissement est nécessaire pour la pose d'un semblable tube. On ne peut songer à niveler entièrement ces aspérités par voie de remblai, parce qu'il est préférable que l'ouvrage soit autant que possible encastré en déblai, sous peine de redoutables avaries.

Le nivellement du lit de pose, pour recevoir l'immersion du tube protecteur, consistait donc dans le déblai des nombreuses et fortes intumescences du sol et dans deux petits remblais seulement, pour combler les deux plus basses dépressions, sur les points indiqués au profil n° 1 exposé, planche III, dont la réduction figure à la planche II de l'Atlas.

Le redressement du sol sous-marin n'était pas une opération facile, par des profondeurs variant de 20 à 60 mètres.

En combinant les modes d'excavation les plus économiques à de telles profondeurs, lesquels n'étaient autres que le trépan polydonte du poids de trois tonnes, lancé par le câble du cabestan, suivi de la herse à grappins traînée à l'instar du chalut, nous arrivâmes à évaluer à 300 millions de francs la dépense de ce nivellement préalable, nécessaire avant toute immersion.

Ensuite le prix du tube protecteur, sa pose et sa fixation, la dépense du muraillement du tunnel et des tranchées d'accession, étaient évalués au chiffre minimum de 160 millions. En sorte que la dépense totale prévue au projet s'élevait au moins à 460 millions de francs, près d'un demi-milliard.

C'était un prix élevé pour une opération quelque peu aventureuse et de nature à soulever de la part de la navigation certaines objections au point de vue des conséquences hydrographiques locales. Aussi ce projet, à peine fini, fut abandonné, et nous ne pensons pas que ce même procédé, en apparence facile, indiqué depuis par d'autres personnes, sans étude locale des difficultés existantes, ait eu plus de succès.

Nous avons parlé, dans un précédent mémoire, d'un système de construction des tunnels sous l'eau, proposé par un mécanicien, M. Dunn, pour un passage à travers la Newa, et qu'il pensait pouvoir être applicable au détroit de Douvres. Ce système consistait en un tube de tôle qui devait se poser au fond de l'eau, non par immersion verticale, mais par allongement sur le sol même du fleuve ou de la mer. Les sections du tube devaient successivement s'ajouter en glissant à l'avant les unes dans les autres, à peu près comme les sections d'une lunette télescopique. Mais ce procédé, qui exigeait

l'ajustage délicat et dispendieux de pièces d'un très-grand volume, ne semblait pas facile à mettre en œuvre dans la pratique.

Un autre inventeur, nommé Durand, vint plus tard nous proposer d'ajouter des roues latérales extérieures aux tubes imaginés par M. Dunn, pour faciliter leur avancement sous l'eau, à l'instar d'une charrette roulant dans les champs. Évidemment, ce brave inventeur supposait le sol sous-marin uni comme une glace et n'avait aucune idée du relief accidenté du fond de la mer.

CHAPITRE III.

BOUCLIER HYDROGRAPHIQUE.

1835

En vue d'épuiser les différentes solutions du problème pour l'établissement d'une voûte au fond de l'eau, nous dûmes étudier les conditions d'un bouclier sous-marin combiné pour cette destination.

Dans le système qui fut particulièrement l'objet de cette étude, il n'y avait plus de tube à immerger, soit verticalement, soit horizontalement. La robe de tôle du tunnel était supprimée, et la construction s'effectuait successivement sous un bouclier hydrographique mobile, marchant en pleine onde.

Ce bouclier sous-marin, destiné à opérer à travers l'onde même et sans aucune analogie, on le voit, avec celui que Brunel avait imaginé pour creuser, dans le sol, le tunnel sous la Tamise, consistait en un demi-cylindre en fer, long de 25 mètres, inscrivant la voûte du Tunnel, et en contact avec l'extrados par des bourrelets compresseurs. Ces bourrelets, gradués en quatre séries, pour assurer une parfaite étanchéité, et dont la compression se réglait à volonté dans l'intérieur par des freins sous la main de l'homme, isolaient entièrement de la mer l'atelier de construction.

Le bouclier, assemblé sur une charpente intérieure et du poids de 150 à 200 000 kilogrammes, couvrait l'atelier sous-

marin du tunnel où les rails d'une double voie étaient posés simultanément. L'aérage de cet atelier, où pouvaient travailler 120 hommes, mineurs et maçons, s'effectuait par la méthode élémentaire d'un appel en retour, indiquée à la deuxième partie du présent Mémoire.

L'appareil du bouclier, reposant sur un système de quatre files de galets, était mû par une machine à vapeur et roulait sur l'amorce du chemin de fer, à la vitesse moyenne de 3 millimètres par minute ou $3^{m},60$ par jour de vingt heures. Dans cette marche régulière, le bouclier exerçait à l'arrière, au moyen de ses bourrelets gradués, une friction compressive sur l'extrados de la voûte, laissant derrière lui la partie de la section achevée du tunnel sous-marin.

Un chantier de déblai était établi extérieurement et en avant du front de l'atelier de construction avec lequel il communiquait par des chambres à air. Ce chantier, d'ailleurs indépendant, avait pour objet d'aplanir les obstacles du sol pouvant ntraver la marche du bouclier.

Avec l'allure lente et méthodique ci-dessus prévue de ce bouclier, l'appareil se serait engagé dans le détroit pour ne plus s'arrêter, laissant successivement derrière lui, à l'instar d'un laminoir, les seçtions achevées du tunnel, et aurait mis 30 ans pour arriver à la rive opposée. Si l'on eût opéré avec deux appareils partant des deux rives pour se rencontrer au milieu du détroit, la durée de la construction eût été réduite à 15 ans.

Lorsque nous eûmes occasion de parler de cette méthode à M. Mary, l'honorable ingénieur nous dit que cet appareil lui semblait normal et qu'il existait depuis longtemps en principe dans son cerveau. Il en considérait l'adoption comme dési-

rable pour les constructions à travers les masses liquides par de grandes profondeurs.

Néanmoins, mesurant l'abîme qui parfois sépare de l'application les combinaisons mécaniques les mieux étudiées, nous ne crûmes pas pouvoir nous hasarder à proposer ce système d'un tunnel dans l'eau par les considérations générales et locales déjà indiquées.

CHAPITRE IV.

PONT SUR LE DÉTROIT.

1836

Pourquoi ne pas préférer un pont? Telle était la question que nous adressaient les ingénieurs, surtout les anciens, auxquels nous nous plaisions singulièrement à communiquer ces travaux.

Nous fûmes donc porté à étudier, pendant les années 1835 et 1836, les diverses conditions de la construction d'un pont sur le détroit, dans la ligne de Calais à Ness–Corner–Point, plus courte de 4 kilomètres que celle de Douvres à Calais (voir profil n° 2, planche III exposée, planche II de l'Atlas).

Comme il n'est fait ici mention que pour mémoire de ce projet de pont, également abandonné, il paraît superflu, dans cet exposé sommaire, de décrire les cinq projets différents de ponts en granite, ponts mixtes et ponts squelettes en métal, élaborés par nous, durant ces deux années, pour l'établissement d'un passage par-dessus la mer. Les échafaudages de pose s'appuyaient sur des bouées de grand volume, maintenues par des haubans métalliques fixés au fond de la mer par de puissants corps morts. Nous fûmes souvent aidé dans cette élaboration par les conseils du savant et héroïque commandant Ransonnet, de Liége, l'algèbre incarnée, ancien aide de camp du grand Carnot pendant le siége d'Anvers, et qui avait été depuis l'un de nos maîtres de mathématiques les plus vénérés.

Ce digne marin nous avait indiqué des moyens très-pratiques pour la pose du tablier de ces ponts, quelque temps après son retour de l'expédition d'Ancône. L'inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées Tony Polonceau nous encourageait aussi beaucoup dans ce travail.

Nous n'entrerons pas non plus dans le détail désormais inutile des méthodes complexes de fondation, imaginées alors pour l'établissement des piles des ponts, opération de beaucoup plus considérable que celle de la pose du tablier. Il suffira d'indiquer qu'un assez grand nombre de ces piles dont la base noyée seule dépassait 60 mètres de hauteur, dans la traversée du chenal du plus grand brassiage, devait coûter au delà de 30 millions de francs l'une.

Le matériel tout en fer, étudié pour l'enracinement des piles au sol, par la main de l'homme, dans un atelier étanche au fond du détroit, consistait en un assemblage alvéolaire de coffres noyés, échoués successivement sous leur lest d'eau et reliés entre eux. Ce vaste appareil en fer, dont le développement horizontal, à la base, était égal aux profondeurs, offrait à peu près l'image d'une pyramide graduée, d'un aspect analogue à celles de l'Égypte. Cette méthode d'isolement des piles au milieu de la mer, pendant leur construction, contenait en germe le principe du *Batardeau-Flotteur*, dont l'application fut étudiée plus tard pour l'érection de l'îlot de Varne et des divers travaux à la mer. La dépense prévue pour l'ensemble du matériel accessoire destiné à la construction d'un pont s'élevait seule à 160 millions.

Un monument de cet ordre élevé au prix de telles dépenses ne saurait se reconstruire aussi souvent que les ponts de nos rivières. Il fallait donc fonder avec toutes les précautions

capables de résister aux siècles. Il n'eût pas été sage de faire contribuer une génération aux dépenses d'un pareil ouvrage, s'il n'eût pas dû offrir toutes les garanties d'une perpétuelle durée.

Celui de nos cinq projets de pont qui fut le plus étudié consistait en une construction appareillée en granite et en syénite de la Manche.

Effrayé de la dépense entrevue à raison de la masse du monument et de son appareil, à raison surtout de l'érection des piles, nous dûmes étudier comparativement trois projet de ponts mixtes, dont le tablier métallique reposait sur des piles de syénite, et un autre pont entièrement métallique reposant sur des piles squelettes. Mais nous n'obtînmes par ces variantes que de faibles réductions dans la dépense prévue; et cela pour des constructions métalliques essentiellement altérables et assujetties à de fréquents rechanges.

Le pont de granite fut celui qui obtint le plus de succès dans l'opinion des hommes compétents qui en rendirent compte dans les journaux français et anglais de l'époque. Ce pont affectait des proportions réellement colossales. Il avait, en plan, une largeur de cent vingt mètres. Les arches, de cent cinquante mètres d'ouverture, étaient soutenues par des piles de cinquante mètres d'épaisseur longitudinale et de cent vingt mètres de largeur transversale. Toutes les arches, élevées de cinquante-deux mètres au-dessus de la mer, étaient accessibles pour le plus grand nombre de navires. Une seule arche était mobile pour le passage éventuel très-rare des vaisseaux de haut bord pourvus de mâtures plus développées.

Un assez grand nombre d'arches dans la traversée des plus grandes profondeurs, qui sont de soixante mètres, présentait

une hauteur sous clef, à partir du fond de la mer, égale à cent quinze mètres, et dépassait en élévation la coupole de Saint-Paul de Londres.

Cette excessive exagération des masses était, tout calcul fait, une condition nécessairement imposée pour obtenir la stabilité absolue du monument.

L'échafaudage pour recevoir les voûtes de ces arches était formé de cintres en fer, assemblés et boulonnés par segments.

En résumé, la dépense totale du projet de pont sur le détroit atteignait le chiffre de QUATRE MILLIARDS DE FRANCS, ainsi que nous l'avons établi dans nos précédents mémoires. Ce prix, égal à cent mille francs par mètre courant, paraît d'abord très-élevé. Toutefois il est inférieur à celui des grands ponts jetés sur les fleuves, tout compte fait des différences de proportions dans les hauteurs et les largeurs imposées au monument considéré. L'économie relative dans la dépense linéaire, au profit d'un pont sur le détroit, est uniquement due à l'extension des portées entre des piles plus distantes.

A cause des dépenses excessives prévues pour ces projets de pont, ils furent abandonnés sans regret dès l'année 1836, de l'avis unanime de trois confrères anglais, Robert Stephenson, Isambard Brunel et Joseph Locke, qui avaient suivi les détails de cette étude avec l'opinion persistante que le chiffre par nous prévu, pour la dépense du pont, devait être surélevé d'un quart au moins, c'est-à-dire être porté à cinq milliards de francs.

Les journaux du temps ont plusieurs fois rendu compte de ces différents projets de pont.

Depuis lors, on a parlé quelquefois en France, et surtout en Angleterre, de plusieurs propositions de pont sur le détroit.

Mais il ne paraît pas que ces projets tant soit peu fantastiques, préparés avec un grand luxe d'images, souvent par de simples dessinateurs échappés de quelque atelier d'ingénieur, voire même du nôtre, aient reposé sur la moindre notion des lieux, ni sur un calcul précis des conditions d'équilibre, eu égard aux lois dynamiques du milieu dans lequel un travail de cette nature peut être établi. En laissant de côté les conditions techniques fondamentales, la présentation d'un projet de pont peut être faite par le premier venu, fût-il même dépourvu de toute notion scientifique. Il suffit de prendre un rouleau de papier, un bâton d'encre de Chine, quelques couleurs à effet, puis de charger un dessinateur de faire un projet de fantaisie, et le pont est fait. Au moyen de ce faible effort on parvient à faire parler de soi dans quelques journaux et à lever de l'argent sur la crédulité publique. C'est ainsi que le pont sur la Manche a pu devenir quelquefois productif à des industriels de bas étage, auxquels il n'a coûté qu'un peu d'encre et de papier.

Les trois éminents confrères que nous venons de nommer nous suggérèrent l'idée de combiner, pour le projet de jonction, un système mixte, consistant dans le rétrécissement du détroit de Douvres, au moyen de jetées enracinées aux deux rivages opposés et se prolongeant aussi loin que possible dans la mer. Le détroit, ainsi rétréci, aurait été rapidement franchi à l'aide d'un énorme bac flottant mû par la vapeur. Bien que cette pensée soit née dans des conversations collectives avec ces trois amis qui ne sont plus, nous pouvons affirmer qu'elle émanait plus particulièrement de Joseph Locke.

CHAPITRE V.

BAC FLOTTANT SUR LE DÉTROIT.

1837

C'est pour donner un corps à cette idée que fut étudié par nous le projet de bac indiqué au profil n° 3 de la planche III exposée (pl. II de l'Atlas), sur la ligne de Ness-Corner-Point au cap Blanc-Nez, longue de 33 870 mètres. Deux jetées d'enrochements, de 8 kilomètres l'une, enracinées à chaque plage, se prolongeaient l'une vers l'autre dans la mer, laissant libre entre leurs deux musoirs un intervalle de 18 kilomètres. La largeur du détroit se trouvait ainsi réduite, entre ces deux ouvrages, à la moitié environ de sa largeur actuelle. Deux darses spacieuses, établies à l'extrémité des deux musoirs, devaient recevoir l'appareil flottant destiné à la traversée maritime.

La dépense prévue à ce projet s'élevait à 230 millions de francs, chiffre beaucoup plus modéré que ceux de nos deux précédents systèmes, le tunnel immergé et le pont. Mais cette dépense n'avait pour résultat que de diminuer l'obstacle inhérent à l'existence du détroit sans le faire disparaître.

Pour tenter de résoudre la question pratique d'un bac maritime, il nous fallut reproduire en grand dans la mer même, par des essais assez laborieux, quelques-unes des expériences de Dubuat sur les corps flottants. On sait combien les phénomènes qui intéressent la navigation sont loin de se comporter

avec la régularité prévue par une théorie inflexible. Ces phénomènes se produisent au milieu de circonstances perturbatrices dont le physicien n'a pas toujours pu apprécier la mesure dans son cabinet ou dans l'atelier restreint de ses expériences. Mais le géomètre, qui considère tous les éléments d'un problème, doit nécessairement tenir compte de toutes les causes de perturbation, quand il opère dans le grand laboratoire de la nature. Il ne lui est permis d'en négliger aucune, sous peine de s'égarer à côté du vrai.

Les calculs ardus auxquels nous dûmes nous livrer, en vue d'obtenir les meilleures conditions d'équilibre et de mouvement pour le flotteur destiné au service du passage maritime, étaient loin de nous encourager à persévérer dans ce système mixte.

Ce flotteur affectait des dimensions considérables en longueur et en largeur, et, par cela même, prenait un très-faible enfoncement. C'était un plan spacieux participant du radeau, une véritable île flottante. Les conditions d'équilibre paraissaient satisfaisantes d'abord, par suite de la position du métacentre qui se trouvait rapproché de la surface de la mer, dans le plan même de la ligne de flottaison. Mais l'amplitude verticale des oscillations croissait comme l'allongement des bras du levier sur l'axe du bau, et devait produire dans les gros temps, sous l'action constante des lames de propagation, un effroyable mouvement de roulis inconnu sur les navires ordinaires : résultat inévitable avec tous les flotteurs dont le bau se trouve élargi à des proportions extrêmes, quelle que soit la longueur du navire considéré.

Nous tentâmes vainement d'atténuer cet inconvénient, au moyen d'un vaste tillac branlant, suspendu au-dessus du plan-

cher même du radeau, et disposé pour recevoir les voitures de voyageurs.

La réduction des dépenses de ce projet, relativement aux deux systèmes antérieurs, n'était donc pas une économie puisque l'obstacle du détroit, bien que diminué, subsistait toujours. L'abandon de ce troisième système ne nous coûta donc pas plus de regrets que celui des deux autres. Mais il nous laissa sous l'influence d'une surexcitation ardente pour la recherche d'un moyen de jonction plus radical. Après avoir épuisé dans une série d'études laborieuses les différents systèmes de passage par-dessus la mer, nous fûmes ramenés à notre premier point de départ, le passage par-dessous.

C'est alors que la pensée nous vint de tenter de franchir le détroit par une voie souterraine ouverte à travers le sol submergé. Deux longues campagnes d'exploration, entreprises dans le cours des deux années 1838 et 1839, eurent pour but l'étude géologique de ces terrains sous-marins sur la nature desquels il n'existait encore aucune notion.

CHAPITRE VI.

EXAMEN GÉOLOGIQUE DU DÉTROIT.

1838-1839

Les investigations locales fournies par l'examen du sol apparent des deux rives, dans les falaises, les puits, les carrières, les forages foncés pour des recherches de mines, indiquaient bien la nature du sol sur les côtes du détroit, en Angleterre et en France. Quelques géologues et minéralogistes en avaient même publié certaines descriptions. Mais ces constatations, essentiellement locales, et limitées aux terrains voisins de la mer, ne fournissaient absolument aucun indice sur la région des terrains submergés, large de 36 kilomètres.

Qu'était-ce donc en effet que ce détroit de Douvres? Était-ce l'œuvre d'un cataclysme souterrain, une dislocation, un *iatus terræ*, comme disaient les anciens, en un mot un affaissement local, une large faille où se serait logée la mer? Tel était alors l'aspect tout à fait obscur de la question.

A cette époque, où la science géologique achevait à peine de se fonder après trente ans d'élaboration, on était encore trop généralement enclin à attribuer les dénivellations et les intumescences géologiques à des soulèvements ou à des flexions du sol. Depuis que Louis Cordier, l'immortel auteur de la *Théorie de la Température terrestre*, avait démontré que les expansions de la volcanicité n'étaient en quelque sorte que des soupirs de notre planète, on croyait voir des soulè-

vements partout. On n'avait pas encore peut-être tenu suffisamment compte des grands phénomènes d'érosion, lents ou subits, qui, conjointement avec les inflexions de l'écorce du sphéroïde terrestre, ont en partie produit le relief actuel de sa surface.

Pour résoudre le problème de la connaissance du sol submergé du détroit, il nous parut nécessaire de poser la question à la nature elle-même. Il fallait prendre de loin l'investigation géologique générale et l'étendre au delà de la formation crétacée, à la série entière des terrains secondaires, depuis les anciens rivages où la mer jurassique a jadis déposé ses sédiments.

Cette zone d'exploration s'étendait à partir du comté de Warwick, en Angleterre, jusqu'au plateau de Fiennes, situé en France, à quelque distance de Calais. Elle embrassait une largeur de 300 kilomètres (environ 180 milles anglais), y compris le détroit lui-même.

L'opération, suivie pas à pas sur ce terrain, consistait dans l'observation des formations jurassiques et crétacées recouvrant cette zone, par l'examen des affleurements apparents aux collines, carrières, puits et excavations de toute nature. Cet examen permit de constater séparément, dans chacun des deux pays, au moyen du clinomètre, sur plus de 1500 stations géologiques, l'inclinaison générale de ces terrains vers le détroit.

Nous avons décrit, dans notre Mémoire de 1856, publié en 1857, l'ensemble et les détails de cette investigation délicate et l'apparente discordance causée par une arcure, au point de raccordement des directions anticlinales des strates, discordance qui nous laissa longtemps dans le doute sur le prolon-

gement régulier de ces mêmes couches sous le Pas-de-Calais. En effet, les données que nous avions acquises sur l'inclinaison générale du terrain jurassique, adopté comme ruban de base dans notre coupe géologique, nous avaient permis de constater une inclinaison vers le détroit de 0° 30′ ou 7 millimètres et demi par mètre dans les couches, du côté de la France; tandis que l'inclinaison vers le détroit n'était que de 0° 12′ ou 3 millimètres par mètre du côté de l'Angleterre. D'après ces directions, la probabilité que la rencontre de ces deux lignes anticlinales avait lieu sous le détroit était évidente. Mais comment leur raccordement devait-il s'effectuer? Y avait-il brusque rupture en V au point de rencontre, et dans ce cas une dislocation du sol était-elle présumable? Notre précédent Mémoire explique les hésitations où nous fûmes retenu pendant longtemps en cet état de nos investigations. Il explique aussi comment, plusieurs années après, l'exploration des bancs du détroit put nous fournir le précieux repère de vérification qui avait manqué à notre étude, et vint porter complétement la lumière sur l'état des formations sous-marines.

Mais avant que ce résultat alors inespéré ait été obtenu, que faire, au point de vue du projet de jonction, en présence du doute où nous étions encore, et que n'avaient pu dissiper nos deux années d'observations sur le terrain? Il ne nous paraissait pas possible alors de nous arrêter à l'idée du percement d'un tunnel sous le détroit, avec des données aussi peu précises sur l'état des lieux submergés.

CHAPITRE VII.

ISTHME DE DOUVRES.

1840

Ce fut durant cette incertitude que notre pensée s'arrêta, en 1839, sur le procédé radical de réunir le territoire anglais à celui du continent au moyen d'un isthme continu d'enrochements, élevé à travers le détroit, avec la réserve de trois larges passes de navigation qui devaient être franchies d'abord par des ponts mobiles et ensuite par des passages par-dessous permettant d'élargir notablement ces passes navigables.

Telle fut l'origine du projet de l'*Isthme de Douvres*, produit en 1840, et dont nous avons rappelé les principales conditions dans notre Mémoire de 1856 avec l'énumération des études, attrayantes d'ailleurs, entreprises pour cet objet. Dans ces diverses explorations, nous dûmes fouiller non-seulement la région du détroit, mais le littoral entier de la Manche depuis South-Foreland jusqu'aux Sorlingues dans l'Océan, ainsi que les rivages du continent depuis l'Escaut jusqu'au cap Finistère.

Le profil n° 4 de la planche III de notre exposition donne la figure de cet ouvage, dont la réduction se trouve à la planche II de l'Atlas.

Ce projet, qui rencontra un assez grand nombre d'approbateurs, soulevait néanmoins trois graves objections.

La principale, en apparence, c'était que cet ouvrage ne vînt modifier l'heure du plein des marées dans quelques ports de la mer d'Allemagne, tels que Calais, Dunkerque, Ostende, etc. En admettant, ce qui est contestable, que ce barrage pût retarder de quelques minutes les conditions horaires des étales de marée dans l'Est du détroit, il ne pouvait affecter sensiblement leur amplitude, à raison du grand ouvert de la mer d'Allemagne à l'Océan du côté du Nord. Tout au plus pouvait-on prévoir quelques modifications dans la direction des orbites des courants littoraux.

La deuxième objection consistait dans la résistance obstinée des marins, répugnant à s'assujettir aux manœuvres de passes étroites pour franchir cet ouvrage.

La troisième était fondée sur le chiffre de la dépense prévue au projet, s'élevant à 840 millions de francs.

Cependant l'*Isthme de Douvres,* la quatrième de nos tentatives pour opérer la jonction de l'Angleterre avec le continent, nous apparaissait alors comme le système le plus radical et le plus complet. La question se trouvait en effet réduite à la simple restauration géographique d'un régime qui avait jadis existé, rétablissement qui avait pour but la transformation géographique de la Grande-Bretagne en péninsule.

L'exécution n'offrait pas d'obstacle sérieux. L'accumulation de pareilles masses d'enrochements était une œuvre de temps et d'argent. La répugnance des marins pouvait être vaincue par l'adoption de modes d'accession disposés à leur convenance pour la pratique facile des passes de l'Isthme. Quant à la question d'argent, elle n'était pas non plus un obstacle insurmontable.

Dans la pensée que l'Isthme de Douvres était la solution normale du problème que nous nous étions posé, et de l'avis d'un grand nombre de nos confrères des deux pays, nous en restâmes là pendant un certain temps.

CHAPITRE VIII.

NOUVELLES EXPLORATIONS GÉOLOGIQUES.

1842-1844-1855

Différentes tournées géologiques sur le littoral de l'Océan, en 1842 et 1844, faites à l'occasion d'autres travaux, vinrent ramener notre pensée vers le projet du tunnel sous-marin. De nouvelles opérations éclimétriques, entreprises en Angleterre, entre Bambury et le détroit, pour déterminer les ordonnées d'une arcure que nous présumions exister dans le prolongement souterrain des formations jurassiques par nous déjà explorées sur cette ligne, n'eurent d'autre résultat que de confirmer les données acquises pendant notre campagne de 1838, en laissant subsister les doutes devant lesquels nous avions cru devoir suspendre l'étude d'une voie souterraine. Notre activité fut ensuite en grande partie absorbée pendant quelques années par des occupations agricoles imposées par des devoirs de famille.

L'Exposition universelle de Londres, en 1851, nous fit reprendre la question du tunnel avec d'autant plus d'ardeur que nous avions rencontré chez les navigateurs anglais une antipathie prononcée pour l'établissement d'un isthme d'enrochements sur le détroit, et en général pour tous les systèmes de jonction des deux territoires par-dessus la mer. Nous fûmes donc virtuellement et finalement ramené à l'étude d'un passage par-dessous.

Plusieurs campagnes géologiques locales, renouvelées d'année en année, ne contribuèrent pas à élucider notablement la question jusqu'à celle de 1855 dont nous avons consigné les résultats dans notre Mémoire de 1856 (p. 39 et 135). Elle eut pour objet l'exploration des bancs du détroit. Elle fut décisive par la lumière qu'elle apporta enfin sur la nature jusqu'alors inconnue de ces formations sous-marines.

Comme il arrive souvent avec les impuissantes allures de l'esprit humain, nous finissions par où nous aurions dû commencer. Que d'innombrables tâtonnements nous nous fussions épargnés si nous eussions suivi dans notre étude la marche inverse!

Il devint possible alors d'établir que les bancs du détroit étaient le sommet de collines portlandiennes, en stratification concordante avec les formations explorées sur la ligne allant du Warwickshire au détroit. Seulement, sur cette ligne, les strates sont inclinées, tandis qu'elles sont arquées dans le sud du détroit, et cette arcure dont nous n'avons pu mesurer la flèche sans doute très-courte, ne peut exister qu'entre le banc de Varne et les collines de Fiennes, en passant sous le cap Grinez. Elle s'explique naturellement par la proximité des terrains carbonifères de Ferques, anciens rivages de la mer jurassique. Cette arcure est analogue à celles que nous observons dans les accores littorales de l'Océan actuel et à la même origine. Il est naturel que, dans les fonds de mer, la zone des rivages présente plus d'inclinaison que le sol de la cuvette. Là était l'explication de la pente de 0° 30′ que nous avions rencontrée dans le rivage latent de la mer jurassique, entre Fiennes et le détroit.

Donc les discordances apparentes des lignes anticlinales observées dans nos explorations géologiques étaient produites

par cette arcure. La place et l'origine normale de cette courbe étaient maintenant déterminées avec autant de précision que le permet l'état de la science.

Dès lors plus de doutes inquiétants sur la structure sous-marine du détroit; plus de dislocations, plus de failles à redouter, si ce n'est de ces faillettes qui se rencontrent dans les terrains les plus horizontaux et qui sont dues aux ressauts produits dans les fonds de mer par l'érosion des dépôts de résistance variable.

Ce fut dans cette campagne que nous descendîmes au fond de la mer, au milieu du chenal anglais, par des profondeurs de 33 mètres, pour cueillir des extraits argileux du sol sous-marin, d'abord avec l'appareil de M. Siebe et ensuite en plongeant à nu avec un lest de galets, opération tant soit peu téméraire, pendant laquelle nous fûmes attaqué par de mauvais poissons. (Voyez note I, p. 109, *Visite au fond de la Mer*.)

Cette campagne de 1855 nous permit d'élaborer le projet du tunnel sous-marin qui fut présenté au gouvernement l'année suivante, et dont nous avons publié l'ensemble dans notre précédent Mémoire.

CHAPITRE IX.

NÉCESSITÉ D'UN EXAMEN OFFICIEL DU PROJET. PUBLICATION DES ÉTUDES.

1856

Déjà nous avions soumis, depuis plus de vingt ans, nos différents projets à l'examen paternel des inspecteurs généraux des ponts et chaussées et des mines les plus autorisés. Mais ces communications, accueillies toujours avec une bienveillance réellement coopérative sous forme d'utiles conseils, n'avaient jusqu'alors aucun caractère officiel.

Plusieurs motifs nous conviaient à soumettre ces travaux à l'épreuve d'un examen officiel. D'abord pour appeler publiquement sur eux la vérification de la science et élargir ainsi le cercle des lumières acquises à la question. En second lieu, nous devions maintenir cette étude dans le domaine purement technique, et l'isoler autant que possible du contact de ces esprits aventureux et parasites qui cherchent dans toute question le prétexte d'une affaire mercantile ou l'occasion de produire quelque vain bruit autour de leur nom pour lever de l'argent et finalement faire des dupes.

Tout en préservant nos travaux d'un bruit stérile qui d'ailleurs n'est guère de notre goût, nous n'avons jamais eu l'habitude de les tenir sous le boisseau. Nos précédentes explorations, et celle de 1855 surtout, pendant l'Exposition universelle de Paris, avaient attiré une certaine attention, et on avait vu déjà pulluler, dans les journaux anglais et français, une

foule de projets informes de ponts et de tunnels, de ponts surtout, pour la traversée du Pas-de-Calais, petits romans improvisés à la hâte, dépourvus de caractère scientifique, n'accusant aucune connaissance des lieux et n'offrant que la caricature plus ou moins imagée des plans que nous avions successivement abandonnés.

Ainsi, la plupart de ces étranges industriels proposaient, pour un tunnel, la ligne de Douvres à Calais comme étant la plus courte, tandis qu'elle est la plus longue (voir la carte générale du détroit, planche II de l'Atlas), et surtout parce qu'elle offrait en apparence le facile avantage de cheminer dans la craie blanche. Ils ne songeaient pas que la puissance des couches de craie n'est pas illimitée et que cette formation, nous l'avons établi depuis plus de trente ans, précisément parce qu'elle apparaît là en contre-haut de la mer, ne présente plus qu'une mince couche, en contre-bas d'une profondeur d'eau qui descend à 60 mètres. En sorte que ces propositions ne laissaient entrevoir que la perspective peu attrayante de cheminer dans la craie glauconieuse, étage marneux et arénacé, moins compacte, moins homogène et plus aquifère que la craie blanche, au-dessous de laquelle il s'étend partout dans la direction de Douvres à Calais.

Nous ne fûmes pas peu surpris, et notre amour-propre se trouva médiocrement flatté quand nous reconnûmes plus tard, parmi ces ingénieurs improvisés, des voyageurs du commerce, des courtiers d'affaires, des personnes plus ou moins incultes, fruits-secs de diverses professions, que nous avions rencontrés pendant nos diverses campagnes d'étude, dans les hôtels de Boulogne, Calais, Folkestone, Douvres et Londres, et qui, pour la plupart, n'avaient puisé leur érudition sur la ma-

tière que dans une simple conversation du soir à table, à laquelle ils avaient assisté près de nous, sans même y participer.

Quelle mer, dans ce monde, si petite qu'elle soit, n'a pas eu par-ci par-là ses pirates? Le désir bien légitime de mettre un bagage technique, si laborieusement acquis, à l'abri du gaspillage de ces singuliers collaborateurs, ne fut pas un des moindres motifs qui nous engagèrent à publier nos travaux.

Le projet de tunnel sous-marin, présenté à l'Empereur le 20 avril 1856, soumis par ordre de Sa Majesté à l'examen d'une commission officielle formée de la réunion des conseils généraux des ponts et chaussées et des mines, a été publié l'année suivante avec les études géologiques qui l'avaient précédé.

La commission officielle se composait de cinq membres choisis parmi les notabilités de la science : pour le génie des mines, MM. les inspecteurs généraux Élie de Beaumont et Combes, membres de l'Institut; pour le génie des ponts, MM. les inspecteurs généraux Mallet et Renaud; et, pour l'hydrographie, M. E. Keller, ingénieur hydrographe de la marine.

Les résultats de l'examen officiel sont consignés parmi les documents annexés à notre Mémoire publié en 1857. Nous nous bornons à reproduire ici la lettre qui nous fut adressée alors par S. Ex. M. le Ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux publics, déjà publiée en 1857, dans le même recueil, et qui résume cet examen.

Paris, le 21 avril 1857.

« Monsieur,

« J'ai fait examiner par une Commission spéciale le projet de tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre que vous avez soumis à S. M. l'Empereur.

« Je l'ai présenté ensuite successivement aux délibérations du Conseil général des ponts et chaussées et du Conseil général des mines, et, s'il n'y a pas eu identité complète de vues entre ces deux Conseils sur la suite à donner à l'idée que vous avez émise, l'un et l'autre ont été d'accord pour demander que des remercîments vous fussent adressés à raison des recherches persévérantes et consciencieuses dont témoigne le travail soumis par vous à l'administration.

« J'ai pris à mon tour, Monsieur, une connaissance personnelle et très-attentive de tous les détails de cette affaire, et je n'ai pu d'abord que m'associer pleinement aux témoignages de sympathie que les Conseils généraux des ponts et chaussées et des mines ont proposé de vous adresser pour les recherches auxquelles vous vous êtes livré.

« Quant au fond même de la question, il ne peut s'agir quant à présent, et telle est votre opinion à vous-même, de l'exécution de l'œuvre dont vous avez conçu la pensée. Cette exécution d'ailleurs, indépendamment de données et de moyens pratiques qui manquent encore, exigerait nécessairement le concours des deux pays intéressés. Peut-être seulement peut-on dire, dans l'état des choses, qu'il ne serait pas sans intérêt de faire quelques explorations souterraines aux abords et des deux côtés du détroit, en les prolongeant à une certaine distance sous la mer, pour constater la nature géologique et pétrographique des terrains à traverser. Je sais que vous vous préoccupez des moyens de réaliser ces explorations; dans le cas où elles viendraient à être entreprises, soit en France, soit en Angleterre, je prendrais communication avec un véritable intérêt des résultats qu'elles auraient pu offrir. »

Recevez, Monsieur, etc.

Le Ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux publics,
ROUHER.

Nous avons indiqué dans notre précédent Mémoire comment, à cette même époque, pendant les travaux de la Commission, et 23 ans après les premiers débuts de nos études sur le détroit, nous avions eu la satisfaction d'apprendre du vénérable Louis Cordier, inspecteur général des mines et notre ancien professeur de Géologie, que la pensée d'un passage souterrain à travers le Pas-de-Calais, pensée dont il ne restait plus de trace que dans le souvenir de ce digne maître,

avait été mise en avant, au commencement de ce siècle, par l'ingénieur des mines Mathieu, de service à Angers. Combien nous fûmes heureux de pouvoir remettre en mémoire cette initiative alors tombée dans l'oubli! C'était en même temps pour nous un patronage des plus précieux, attestant, devant ceux qui pouvaient traiter notre conception de chimère, que nous n'avions pas été le premier atteint de cette folie! Toutefois, l'idée primitive de l'ingénieur Mathieu, nous l'avons appris depuis, n'était d'abord qu'une machine de guerre pour surprendre plus sûrement un ennemi. Il la convertit en une machine de paix quand le traité d'Amiens eut rapproché les deux nations rivales.

Nous livrâmes donc à la publicité nos études, décrites dans notre Mémoire de 1856[1]. Nous avons dû, dans cet ouvrage, rappeler avec une très-grande sobriété nos projets antérieurs autres que le tunnel, et cela avec intention, pour éviter de jeter par trop de détails de la confusion dans l'esprit du lecteur au détriment du tunnel sous-marin que cette publication avait pour but d'accréditer et de faire adopter de préférence à toutes nos précédentes combinaisons.

Il s'agissait, en effet, de présenter la solution technique du problème pour acclimater dans l'esprit du public les chances de praticabilité que pouvait présenter l'œuvre proposée : prélude indispensable pour faire passer la conception de la période purement scientifique dans celle de l'exécution.

L'objet principal du Mémoire publié alors était d'établir

1. *Etude pour l'avant-projet d'un Tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre, reliant sans rompre charge les chemins de fer de ces deux pays. Ligne de Grinez à Eastware.* Un volume in-4° avec planches gravées en couleur. Paris, 1857, chez Victor Dalmont. diteur.

autant que possible avec clarté par quelle méthode d'investigation nous avions tenté d'opérer le raccordement des formations géologiques submergées avec les couches identiques dont le prolongement s'observe en Angleterre et sur le continent [1].

1. Dans ce mémoire de 1856, page 166, nous avions annoncé la publication prochaine, pour l'année 1857, d'un travail sur le canal inter-océanique à travers l'isthme de Panama, présentant une solution nouvelle. Il s'agissait de réunir les deux Océans par une coupure à niveau, de mer à mer, ouverte au golfe de San-Blas, point le plus étroit de l'isthme. Nous avions fait relever séparément les altitudes de cet énorme seuil par deux officiers de marine attachés aux stations navales croisant dans la mer du Sud et dans la mer des Antilles. Cet ouvrage devait coûter plus de 800 millions de francs qui ne pouvaient être réunis, à notre avis, que par les gouvernements des pays maritimes intéressés. Un sentiment de réserve facile à comprendre, par l'état de nos relations affectueuses avec Garella, ne nous eût pas permis de produire ce projet de son vivant. Nous expliquons dans notre mémoire autographié relatif à notre exposition du Canal inter-océanique, comment nous fûmes amené à abandonner cette solution par San-Blas pour concentrer notre étude sur le Canal de Nicaragua, d'une exécution beaucoup moins coûteuse. Ce projet de l'ouverture de l'isthme américain par le Nicaragua nous absorba entièrement, en 1858 et 1859, et interrompit pendant ce temps nos études du tunnel sous-marin et d'autres travaux de longue haleine sur le régime des fleuves à marée.

CHAPITRE X.

OPINION PUBLIQUE EN FRANCE ET EN ANGLETERRE SUR LE PROJET DU TUNNEL SOUS-MARIN. AJOURNEMENT.

1857-1858

Avant de livrer notre Mémoire au public, il nous parut bienséant d'en adresser quelques exemplaires aux Ministres et à quelques hommes d'État des deux nations, aux principaux ingénieurs et à un certain nombre de personnages auxquels cet hommage nous semblait dû. Ces envois nous attirèrent, pour l'œuvre projetée, des lettres pleines de sympathie qui déjà faisaient présager l'accueil bienveillant du public.

Dès l'année précédente, pendant notre campagne de 1855, le vénérable L. Cordier nous avait écrit la lettre suivante, en réponse à un envoi d'échantillons géologiques que nous lui avions adressés de Folkestone :

« Mon cher disciple,

« J'ai reçu la boîte contenant vos extraits de cette campagne, avec le catalogue lucide qui les accompagne. Bon courage!

« En prenant l'initiative d'études importantes sur la nature du sol sous-marin du Pas-de-Calais, vous aurez effectivement ouvert aux géologues un nouvel horizon de recherches.

« Votre méthode d'observation ne se borne pas aux constatations locales des fonds de mer. Elle remonte jusqu'aux affleurements lointains des couches submergées, et permet la comparaison des extraits de roches congénères. C'est parfait.

« Vous venez à votre tour greffer un précieux rameau sur l'arbre encore

jeune de la science géologique. Cette branche nouvelle pourrait s'appeler : la *Géologie sous-marine*. Vous aurez contribué à combler ainsi une lacune dans les moyens d'observation. Je pense qu'il serait possible de généraliser les recherches de cette nature en donnant des instructions spéciales dans ce sens aux officiers de marine employés aux sondes, et qui n'ont, jusqu'à présent, constaté le fond de la mer qu'au point de vue de l'art nautique. Je crois que leur amour-propre en serait flatté. J'en parlerai au Ministre de la Marine.

« Je vous remercie de vos échantillons et je me propose de les présenter avec l'attention qu'ils méritent, à mon cours du Museum. »

Votre affectionné,
CORDIER.

Au reçu de notre volume sur le tunnel, contenant la dédicace collective adressée à MM. Dufrénoy, Élie de Beaumont et à lui-même, imprimée à dix exemplaires seulement, le bon et modeste professeur nous écrivit ce billet :

« Mon cher disciple, j'ai reçu votre Mémoire dont je connaissais déjà la substance. Très-bien! Merci pour votre affectueuse dédicace. Je vous remercierais bien plus si vous m'aviez moins surfait. »

Votre affectionné,
CORDIER.

21 septembre 1857.

M. Dufrénoy, inspecteur général des Mines et directeur de l'École des Mines, nous avait également écrit, peu de temps avant sa mort :

« J'ai reçu le manuscrit que vous m'avez communiqué et la coupe qui l'accompagne, relatifs au percement du tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre. Sans oser préjuger encore le sort que la discussion va réserver à votre projet, je puis dire que je l'ai lu avec le plus vif intérêt et que j'y ai appris beaucoup de faits nouveaux. »

DUFRÉNOY.

25 décembre 1856.

Le comte de Persigny, ambassadeur de France à Londres :

« .... D'après l'opinion des hommes les plus compétents que j'ai entretenus de vos travaux, il n'est personne en Europe, dans l'état actuel de la science, qui puisse se croire capable de dire que votre projet est impossible. C'était une grande inconnue, et il est beau, il est noble d'oser concevoir un tel projet. Je désire vivement que le gouvernement consacre les fonds nécessaires à une grande expérimentation, et, pour ma part, je serai heureux de faire tout ce qui dépendra de moi pour amener le gouvernement anglais à une entente avec le nôtre à ce sujet. »

F. DE PERSIGNY.

25 septembre 1857.

M. Delebecque, député du Pas-de-Calais :

« .... Vous êtes l'apôtre d'une idée hardie dont la réalisation, certaine d'ailleurs, se fera peut-être attendre encore longtemps.

« Votre ouvrage produira tout l'effet d'accélération que vous avez droit d'en attendre, eu égard à la bonne foi et à l'ordre qui règnent dans l'exposé des faits, comme dans l'exactitude des raisonnements que vous en déduisez. Je m'intéresse à plusieurs titres à ce que cette question fasse son chemin, et j'applaudis, avec l'empressement le plus sympathique, au succès des efforts que vous faites et que vous ferez dans ce but. »

DELEBECQUE.

2 novembre 1857.

M. Couche, ingénieur en chef des ponts et chaussées, chargé des études, des travaux et de la surveillance du chemin de fer du Nord :

« .... Vous avez déjà obtenu un premier succès en plaçant ce grand problème sur le terrain de la discussion sérieuse. Un autre succès s'annonce, auquel votre travail ne peut manquer de contribuer : les nations commencent à comprendre qu'il serait sage de consacrer à leurs avantages mutuels une partie des sacrifices qu'elles ont toujours fait si généreusement

pour s'entre-détruire. Puissiez-vous voir la réalisation de l'idée hardie et grandiose dont la paternité vous appartient, car elle ne pouvait être qu'un rêve jusqu'à vous. Vos savantes recherches lui ont seules fait prendre corps. »

COUCHE.

15 novembre 1857.

M. Nicklès, professeur à la faculté des sciences de Nancy :

« J'ai lu et dévoré votre Avant-Projet, qui m'a fasciné à tel point que je n'ai pu m'empêcher de faire, à notre faculté et dans mon amphithéâtre, une leçon sur votre travail. J'ai eu peu de peine à faire partager à mon auditoire mon admiration pour la persévérance que vous avez su mettre à la recherche d'un *passage* sous-marin et à la sagacité avec laquelle vous avez su le démêler. Pour lui comme pour moi, il est évident que ce résultat offre tout le caractère d'une grande découverte. »

NICKLÈS.

14 janvier 1858.

Mais, parmi les nombreux témoignages de sympathie pour ces travaux qui nous furent alors adressés, l'un des plus précieux assurément fut celui qui contenait, en termes sobres, une offre sincère de coopération. Elle nous venait d'un esprit compétent par excellence, d'un ingénieur en chef des Mines, savant économiste et pilote clairvoyant, dans le sillage duquel nous avions souvent navigué sur la mer du progrès, guidé par le gonfalon de la science et par le fanal du bien public :

« C'est une grande idée que vous suivez là, et vous prouvez qu'elle est réalisable. Je serai heureux de vous donner mon concours. C'est une œuvre que nous devons nous efforcer de faire réussir. Je considère qu'ainsi que vous l'appelez, ce serait un *monument* des plus imposants, des plus faits pour frapper les peuples et exercer une influence marquée sur la civilisation. »

MICHEL CHEVALIER.

6 novembre 1857.

Il nous parut également convenable d'adresser ce travail aux principales institutions techniques pour les exciter à apporter dans l'examen de la question l'autorité de leur compétence :

A l'Académie des Sciences.

26 novembre 1857.

« J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie des sciences de mon Mémoire sur le tunnel sous-marin anglo-français. Je recommande à l'indulgence de l'illustre Compagnie ce travail qui n'est qu'une étude préparatoire destinée à soulever une question intéressante au double point de vue de la science et de son application à la circulation internationale. Une commission nommée par le gouvernement et composée, en partie, de membres de l'Institut, a conclu à l'utilité de la continuation de cette étude par les gouvernements intéressés, au moyen d'une large expérimentation locale. Je suis fondé à espérer qu'il pourra bientôt être donné suite au vœu de la Commission par une entente spéciale pour cet objet entre les gouvernements qui ont compris, dans notre temps, que la concorde des nations ne peut se fonder et se généraliser que par la pénétration pacifique des peuples. »

A la Société Géologique de France :

26 novembre 1867.

« .... Je prie la Société géologique de France de vouloir bien ne considérer cet ouvrage que comme une étude préparatoire destinée à s'élargir désormais par les lumières de la discussion publique et par une expérimentation locale qui, je l'espère, sera prochainement entreprise de concert entre les deux gouvernements intéressés. Cette expérience aurait pour objet de traverser, par des puits à grand diamètre, les terrains du massif submergé qui sont au complet, à la limite du détroit en Angleterre, travail qui donnerait en même temps la mesure de l'agissement des eaux souterraines subordonnées, dans leurs rapports avec les plans d'eau des continents et le plan d'eau de la mer. »

A la Société Royale Académique de Londres :

21 octobre 1857.

« Messieurs,

« J'ai l'honneur de vous offrir l'hommage de mon étude sur le tunnel sous-marin entre l'Angleterre et le continent. Je serais heureux que cet humble ouvrage fût accueilli par votre illustre Compagnie avec l'indulgence dont il a besoin.

« Les travaux de plusieurs d'entre vous m'ont aidé puissamment dans les recherches que j'ai dû faire pour jeter quelque lumière sur cette intéressante question. Mon Mémoire a pour but, quant à présent, d'attirer l'attention publique sur cet objet, d'exciter les efforts de chacun dans cette direction, et d'obtenir une coopération collective de toutes les lumières, en vue d'une œuvre féconde pour le bien-être moral et matériel des nations.

« Les informations de la science et les puissants moyens d'action dont elle dispose n'auraient pas suffi pour aborder l'exécution d'une telle entreprise. Il fallait avant tout qu'elle fût préparée par l'état moral des esprits. Cet état moral existe actuellement et se manifeste par d'irrécusables signes. Devant lui se sont dissipées sans retour les préventions nationales dont notre jeunesse fut témoin.

« La plupart d'entre vous ont participé aux travaux d'application utilitaire qui sont la gloire de la science contemporaine. En cela ils ont évidemment servi les desseins de Dieu, qui concentre les lumières de l'intelligence sur un petit nombre d'élus pour les utiliser, par leur organe, au profit des multitudes.

« J'ose donc espérer, Messieurs, que votre illustre Compagnie, continuant cette grande mission, daignera protéger mes efforts pour préparer une œuvre appelée à cimenter et à perpétuer, par un signe impérissable, l'union de deux grands peuples. »

A la Société des Ingénieurs Civils de Londres :

21 octobre 1857.

« Messieurs,

« .... En osant placer sous vos auspices cet humble travail, j'espère obtenir votre indulgence pour tout ce qu'il contient encore d'insuffisant.

Ce n'est qu'une étude préparatoire pour une information plus précise qui ne peut être continuée actuellement qu'avec la volonté et les forces réunies des deux puissantes nations. Je suis fondé à penser que nous verrons bientôt une coopération internationale dans ce but. J'espère fermement que cette expérimentation sera suivie d'une décision sérieuse, et je suis convaincu déjà que ceux d'entre vous qui ont porté l'art des grandes constructions à un degré si haut en Europe et dans les deux mondes, envisageront cette entreprise d'un œil intrépide, et trouveront dans leur génie la mesure des forces nécessaires pour vaincre de grands obstacles, en vue d'un but aussi utile et aussi glorieux. »

Enfin nous fûmes invité par M. Charles Callon, président de la Société des Ingénieurs Civils de France, à faire l'exposé oral de nos études devant nos confrères les membres de cette société.

Cette exposition eut lieu dans la soirée du 6 novembre 1857 et embrassa tous les divers éléments du projet que nous nous efforçâmes de réduire, dans son acception synthétique la plus absolue, à *l'envoi d'une galerie de mine à travers un système de roches stratifiées sous le plan d'eau de l'Océan*. Le procès-verbal de cette séance, consigné dans les Mémoires des Ingénieurs Civils et reproduit dans quelques revues, se termine ainsi :

« A ceux qui prétendent que ce projet est inexécutable parce qu'il est colossal, l'auteur répond qu'il n'est aucune partie de cette œuvre qui n'ait son équivalent réalisé dans les travaux exécutés depuis trente ans. On peut même regarder le tunnel sous-marin comme la synthèse confirmative d'une grande œuvre contemporaine, dont les travaux antérieurs sont la démonstration partielle. En ajoutant les uns aux autres, par la pensée, les tunnels de la Bouzanne, de la Nerthe, de Bleekingley, de Saltwood et de Rolleboise, dans l'ordre présentement indiqué, l'on aura les équivalents identiques, par natures de terrains, et comme autant de spécimens des grands anneaux du tunnel sous-marin.

« L'aspect d'un projet, selon M. Thomé, n'est colossal que relativement à

d'autres types, et les grandes proportions de celui-ci trouvent des limites en présence des forces dont disposent la France et l'Angleterre, qui sont aussi, on l'accordera sans doute, au point de vue de la puissance, des nations colossales.

« En terminant cet exposé, M. Thomé de Gamond rappelle à la Société ce qu'il écrivait récemment à l'institution des ingénieurs de Londres : que son travail n'est qu'une étude préparatoire pour une information plus précise, laquelle ne peut être continuée actuellement qu'avec la volonté et les forces réunies des deux puissantes nations. Il se croit fondé à penser que l'on verra bientôt une coopération internationale dans ce but. Il espère fermement que cette expérimentation sera suivie d'une décision sérieuse, et il paraît convaincu déjà que les ingénieurs qui ont porté l'art des grandes constructions à un si haut degré, en Europe et dans les deux mondes, envisageront cette entreprise d'un œil intrépide, et trouveront dans leur génie la mesure des forces nécessaires pour vaincre de grands obstacles, en vue d'un but aussi utile et aussi glorieux.

« M. Thomé ajoute qu'il se tiendrait pour très-heureux et très-honoré, si le travail auquel il s'est dévoué pouvait contribuer, par son caractère international, à resserrer plus fortement encore les liens sympathiques qui unissent notre institution à celle des ingénieurs civils de Londres.

« Mais M. Thomé fait observer que ni les lumières de la science contemporaine, ni les marteaux de l'industrie, en disciplinant pour cet objet toutes leurs forces, ne pourraient réaliser une telle entreprise, si elle n'était préparée par un état particulier des esprits, concert moral que, dans son mémoire, il a comparé à un élan religieux. On ne peut le méconnaître, ce concert moral des esprits se manifeste aujourd'hui par d'irrécusables signes, et doit devenir désormais le levier irrésistible pour l'exécution des grandes choses. »

Les journaux ne tardèrent pas à s'emparer aussi de la question du Tunnel sous-marin, et la traitèrent chacun à leur point de vue. *Le Moniteur*, *les Débats*, *la Gazette de France*, etc., etc., décrivirent ce projet dans des articles qui furent reproduits par un grand nombre de journaux de France et de l'étranger.

Nous nous bornerons à citer quelques extraits de ces pu-

blications, comme expression de l'accueil que fit l'opinion publique à cette proposition. Nous élaguerons les descriptions du projet, qui sont longues et se ressemblent toutes, pour ne reproduire que les appréciations diversement accentuées sur cette étude, en suppliant le lecteur de vouloir bien attribuer au projet lui-même et à son but final les approbations qu'une bienveillance exagérée adresse parfois à l'auteur.

Le journal *l'Ingénieur*, publié sous les auspices de M. Avril, terminait ainsi son compte rendu de ce travail (juin 1857) :

« .... En présence des grands phénomènes de la nature que l'auteur observe et décrit, on voit combien l'homme, pris isolément, se sent disproportionné et recueilli. Ce sentiment se traduit chez M. Thomé de Gamond par un loyal et constant appel à la coopération de compétences supérieures. « Il est nécessaire, au début de tout projet sérieux, dit-il, de « présenter un plan défini sur lequel puisse s'engager la discussion. Nous « n'avons pour but, dans ce premier jet de notre opinion individuelle, que « de poser des jalons provisoires pour un plan d'attaque définitif qui résul« tera sans doute du concert d'hommes plus autorisés. »

« Suivant le projet de M. Thomé, le percement se réduit à une question de temps et d'argent. Mais l'auteur paraît surtout s'être préoccupé de la question de temps et lui subordonne celle de la dépense.

« Après avoir lu l'ouvrage de M. Thomé de Gamond on peut résumer ainsi les impressions qu'il produit :

« Il a ouvert à l'étude des travaux publics une voie nouvelle en démontrant qu'un examen et une discussion géologiques doivent précéder tout établissement d'un projet. Que de mécomptes et de dépenses eût épargnés l'application de cette méthode !

« Il a précisé la nature du phénomène qui a produit le détroit de Calais, fait scientifique très-important.

« Il a élucidé la question des infiltrations sous marines, question qu'il n'a pu résoudre, mais dont il a caractérisé les éléments si divers et si compliqués.

« Enfin il a présenté aux sentiments élevés de son époque un projet digne de les satisfaire. »

Le journal *le Siècle* s'exprimait ainsi (octobre 1857) :

« L'Angleterre continentale ! Quel beau rêve !

« L'Angleterre unie au continent par un tunnel sous-marin qui relierait, sans interruption, tous les chemins de fer français, allemands, belges, russes, etc., à ceux de la Grande-Bretagne ! La mer traversée en vingt-cinq minutes par de rapides et incessants convois; une grande station maritime établie à mi-chemin du tunnel et servant de rendez-vous à toutes les marines du globe !

« Eh bien, ce rêve peut devenir, en cinq ou six ans, une réalité.

« La possibilité de relier ainsi l'Angleterre à la France a été étudiée pratiquement et scientifiquement par un savant et modeste ingénieur, M. Thomé de Gamond, un de ces hommes qu'anime la plus sainte et la plus généreuse des passions, celle du bien public, celle des grandes choses.

« De pareilles études sont difficiles, surtout par de simples travailleurs, qui disposent de ressources bornées, et la presse doit honorer la mémoire de ces intrépides chercheurs qui se dévouent sans bruit à une grande idée, et la servent au prix des plus lourds sacrifices, au péril même de leur vie.

« L'origine du projet de jonction présenté par M. Thomé de Gamond remonte déjà à près d'un quart de siècle. Le spectacle des deux Expositions universelles de Londres et de Paris décida cet habile ingénieur à poursuivre avec acharnement des études depuis si longtemps commencées. Il comprit que l'heure était venue d'offrir à la civilisation occidentale tous les moyens d'expansion nécessaires à son développement.

« ..... Si, comme nous en avons la conviction, l'alliance anglo-française ne doit pas être un vain mot; si cette alliance n'est pas seulement un fait accidentel, une rencontre heureuse sur un champ de bataille; si elle doit produire pour le monde des conséquences que tous les esprits élevés en attendent, c'est par ce grand signe monumental, par ce trait d'union impérissable que cette alliance devra se traduire : *In hoc signo vinces.*

« Nous ne saurions trop hautement honorer le savant modeste qui le premier a démontré la possibilité de cette œuvre gigantesque. Les données du travail de M. Thomé de Gamond pourront être modifiées par une vérification ultérieure. Lui même sollicite sur tous les points le plus sévère contrôle. Mais l'idée triomphera.

« L. JOURDAN. »

Le journal *la Presse*, alors sous la direction de M. Adolphe Guéroult, insistait avec énergie pour l'exécution dans les termes suivants (10 février 1858) :

« La Presse a rendu compte à ses lecteurs du projet de tunnel sous-marin, destiné à relier, par-dessous le détroit de Calais, les chemins de fer de France à ceux d'Angleterre. Dès l'époque de son apparition, cette audacieuse conception a été accueillie par les applaudissements unanimes, non-seulement des deux nations les plus intéressées, mais de l'Europe entière.

« Les études entreprises par M. Thomé de Gamond pour éclairer les questions complexes et ardues sur lesquelles repose la donnée de cette grande création, ont été exposées par lui dans un ouvrage qui, lui-même, est une œuvre à la hauteur des plus nobles aspirations de notre temps. Depuis les belles publications de M. Michel Chevalier sur les travaux publics, prophéties splendides, traitées de chimères à leur apparition, à raison de leur grandeur, mais qui toutes pourtant se sont réalisées, l'école contemporaine n'avait pas enfanté de projet plus fait pour frapper les esprits.

« Chaque nation initiatrice a marqué la trace de son passage sur la terre par de grands monuments symboliques de sa foi et de sa puissance.

« Les Pyramides d'Égypte sont les témoins toujours debout d'une civilisation disparue. Les basiliques dont l'Europe du moyen âge a hérissé ses villes, attestent la puissance de l'art chrétien, à l'époque de sa plus grande expansion.

« Les ouvrages de notre temps sont la marque signalétique la plus éclatante d'une tendance décidée vers les relations pacifiques des peuples.

« Sous ce rapport, le tunnel sous-marin n'est pas une œuvre isolée, résultant des combinaisons économiques d'un État ou d'une compagnie privée, c'est un monument symbolique élevé par une époque et dont le caractère est défini par l'auteur même du projet.

« Les grands monuments de l'industrie humaine, dit l'ingénieur, n'ont « de signification qu'autant qu'ils correspondent à un sentiment moral « profond. Cette tendance morale s'agrandit aux proportions d'une expan« sion religieuse de premier ordre, dans l'effort des nations pour abaisser « les remparts derrière lesquels se retrancha si longtemps leur antago« nisme. La preuve de l'universalité de cette tendance est démontrée par « l'attention sérieuse du monde entier aujourd'hui fixée sur les détroits « et les isthmes. »

« En effet, la conception du tunnel sous-marin correspond à l'état de la science pour qui l'Océan lui-même, cet immense inconnu, n'est plus qu'un voile qu'elle soulève à son gré pour en scruter les abîmes.

« Elle correspond au sentiment artistique le plus élevé en ce qu'elle offre à l'art une noble occasion de manifester toute sa puissance par une splendide explosion.

« Elle correspond enfin surtout à la tendance civilisatrice de notre époque, sentiment qui éclate dans l'affaiblissement continu de l'antagonisme et dans le concert des nations.

« Tel est l'aspect que l'auteur du projet ne perd pas un instant de vue, même alors que, mesurant d'un œil intrépide la grandeur de sa tâche, il poursuit les solutions les plus ardues au point de vue de son art. « Ni les « lumières de la science contemporaine, dit-il, ni les marteaux de l'indus- « trie, en disciplinant pour cet objet toutes leurs forces, ne pourraient « réaliser une telle entreprise si elle n'était préparée par un état particulier « des esprits. »

« On ne peut le méconnaître, et nous sommes heureux de le constater avec M. Thomé, ce concert moral des esprits voués au bien se révèle aujourd'hui par d'irrécusables signes, et doit devenir désormais un levier irrésistible pour l'exécution des grandes choses.

« On sait qu'une commission officielle, réunie par l'initiative de l'Empereur, s'est prononcée sur l'opportunité de la continuation, par les gouvernements intéressés, d'études si heureusement commencées, et a conclu à l'utilité d'une dépense de 500,000 francs pour l'exécution de travaux qu'elle a précisés. On parle actuellement d'une entente prochaine entre les deux gouvernements pour la formation d'une haute commission internationale, composée des sommités scientifiques de la France et de l'Angleterre, dont la mission serait de diriger, par des instructions générales, les travaux d'expérimentation confiés à des ingénieurs des deux nations. D'après un journal anglais, l'*Illustrated London News*, il paraîtrait même que cette commission serait destinée à agir sous la présidence des deux illustres personnages qui ont présidé les Expositions universelles de Londres et de Paris.

« L'opinion publique, en France, et surtout en Angleterre, exprimée par la presse des deux pays, a applaudi aux sympathies que ce projet a rencontrées auprès des conseils des gouvernements. *Le Times*, *le Morning Advertiser*, *le Morning Chronicle*, *le Globe*, *le Galignani's Messenger*, ont présenté cette question à leurs lecteurs sous tous ses aspects, et tous ont été unanimes sur son caractère moral et ses avantages économiques. « Le projet « splendide de M. Thomé de Gamond, dit *le Morning Post*, est le travail le

« plus remarquable de notre époque entre toutes les productions techni-
« ques émanées des ingénieurs. » L'*Illustrated London News*, dans un long article du 23 janvier, qui résume assez exactement l'opinion des autres journaux anglais, et qui traite à fond l'aspect commercial et économique du projet, termine ainsi : « Il est certain que les fréquentes communica-
« tions entre les deux nations ont beaucoup contribué à augmenter leur
« estime réciproque, et que la meilleure manière de cimenter la concorde
« entre elles, c'est de faciliter, par tous les moyens possibles, la com-
« munication pacifique des peuples (*to facilitate by all available means peace-
« ful intercommunication betwen their inhabitants*). »

« A l'œuvre donc! à l'œuvre, pour l'exécution d'une entreprise sans égale entre tous les travaux jusqu'alors accomplis par la main de l'homme! *Mente, Corde, Manu!* Telle est la devise synthétique et complète de l'auteur du projet. Ce n'est pas trop, en effet, pour la réalisation de cette conception splendide, d'invoquer à la fois les trois plus puissants modes de l'activité sociale : *l'esprit, le cœur et les bras.* »

Enfin le journal *la Patrie*, dirigé par M. Delamarre, donna également un compte rendu détaillé du projet du tunnel, fait par un ingénieur en chef des mines, devenu depuis inspecteur général, dans trois articles consécutifs, dont nous reproduisons les extraits suivants (19 février 1858) :

« L'attention publique continue d'être vivement impressionnée en France, mais surtout en Angleterre, par les proportions sérieuses qu'a prises le projet de tunnel sous-marin qui doit relier les chemins de ces deux pays.

« L'exécution de ce grand monument international, si bientôt elle se réalise, sera une œuvre sans précédent dans l'industrie humaine. Elle consacrera une ère féconde de concorde entre les deux plus grandes nations de la terre qui tant de fois, dans le passé, ont épuisé leurs forces les plus vives à s'entre-détruire. Sous ce rapport ce sera un spectacle imposant pour les peuples et un progrès immense pour la civilisation.

« Mais comment concevoir qu'un seul homme, réduit à ses moyens personnels et aux ressources limitées de sa fortune, au péril même de sa vie, et sans autres auxiliaires que les équipages de navires armés pour la pêche, ait pu, dans moins d'une dizaine d'années, pénétrer la struc-

ture du plafond de la Manche, en sonder la profondeur, et accumuler ainsi tous les faits scientifiques actuellement acquis à l'observation? Et cela dans une mesure suffisante pour dresser un état des lieux submergés! Ce résultat inattendu explique le haut intérêt avec lequel ce travail fut accueilli tout d'abord par les savants illustres chargés d'en faire l'examen.

« Dans l'exploration des terrains situés au fond de la mer, l'attention de l'ingénieur géologue se fixa particulièrement sur deux éminences sous-marines, existant au milieu du détroit de Calais, et désignées par les pêcheurs sous les noms de bancs de Colbart et de Varne. Les navigateurs, trompés par les apparences, avaient regardé ces grandes buttes submergées comme des bancs de sable que la mer aurait ainsi accumulés en ce lieu. Des observations réitérées lui démontrèrent que ces éminences étaient au contraire les sommets de collines solides qui ont résisté à l'action érosive de la mer, et qui s'élèvent à quelques mètres de son niveau, au point de causer des rides à sa surface.

« L'ingénieur géologue parvint à préciser la nature des terrains et des roches dont se composent ces îles sous-marines. Il lui fut possible de déterminer la nature des phénomènes maritimes qui ont présidé à la formation du détroit de Calais, dont l'élargissement se continue toujours de siècle en siècle aux dépens des deux côtes adjacentes.

« Entre le banc de Varne, dont nous venons de parler, et la côte de France, s'étend une grande vallée sous-marine, large de 16 kilomètres, nommée par l'auteur *dénudation des Épaulards*. L'aspect de cette dépression sous-marine, profonde de 57 mètres, est réellement saisissant. C'est la démonstration vivante de la nature prise sur le fait, dans les phénomènes maritimes qu'elle a jadis mis en œuvre pour creuser les grandes vallées actuelles des continents. Cette vaste plaine est couverte d'énormes débris rocheux, épars sur son sol, à peu près comme les blocs de grès qui s'étalent sur les collines de Fontainebleau et d'Étampes. En sorte que ces débris sont une véritable cuirasse de roches, dont la présence préserve désormais le fond de la mer contre l'érosion des courants. Disposition tout à fait providentielle et protectrice pour le tunnel sous-marin, en ce que les terrains inférieurs sous lesquels il est projeté sont ainsi garantis pour l'avenir contre les dégradations de la mer.

« Mais la création la plus étonnante, on peut dire la plus splendide, à laquelle donne lieu l'établissement du tunnel, c'est la gare maritime de Varne, port commun, station internationale qui sera établie en pleine mer, au milieu du détroit, entre la France et l'Angleterre. On utilisera, dans ce but, la présence du banc sous-marin de Varne. On élèvera le sommet de ce banc au-dessus de la mer, au moyen d'un massif de roches

apportées sur ce point par la navigation, et on en fera ainsi une véritable île, pourvue d'un port intérieur et de quais extérieurs donnant sur la pleine mer. Sur le terre-plein de cette île on creusera, jusqu'au niveau du chemin de fer sous-marin, une gare à ciel ouvert, gare spacieuse comme la cour du Louvre, où les voyageurs feront halte au soleil, après avoir roulé pendant un quart d'heure sous les abîmes du détroit. Du fond de cette gare profonde les trains pourront remonter, par une pente modérée, sur les quais de l'*Étoile de Varne*, et seront mis en communication avec le bord des navires venus de toutes les parties du monde, dont cette station maritime deviendrait le rendez-vous.

« Que l'on se figure un train de voyageurs, après avoir parcouru pendant quinze minutes les entrailles de la terre, sous une voûte splendidement éclairée, faisant halte tout à coup sous le ciel, puis montant sur les quais de cette île. L'île, dominant elle-même une mer immense, est munie de constructions monumentales, de quais spacieux garnis de navires de toutes les nations; les uns partant pour la Baltique ou la Méditerranée; d'autres arrivant d'Amérique ou de l'Inde. Dans le lointain, ces falaises argentées par les reflets du soleil et qui s'étendent au nord, c'est la blanche Albion, jadis séparée de tout l'univers, actuellement devenue la péninsule britannique. Au sud, ces côtes grises dessinant à l'horizon leurs festons variés, c'est la terre de France! Ce haut promontoire qui s'avance comme pour séparer les deux mers, c'est le cap Grinez. Ces voiles blanches, éparses au milieu du détroit, ce sont les bateaux-pêcheurs des deux nations. Ces points noirs, suivis de longues traces de fumée, perdus dans les profondeurs d'un horizon immense, ce sont les vaisseaux à vapeur des deux mondes sillonnant la Manche, grand carrefour maritime où se croisent les navires de tous les peuples. Ces trains rapides qui sifflent au fond de la gare souterraine, seront à Londres ou à Paris dans trois ou quatre heures. Sur la terre comme sur la mer une intense activité civilisatrice vient se concentrer à ce point pour se répandre dans tous les organes de la circulation.

« Tel est pourtant le merveilleux spectacle auquel notre esprit nous fait assister par anticipation. Cette *Étoile de Varne*, s'élevant ainsi par la toute-puissance de deux grands peuples, au milieu d'une mer qui fut autrefois l'arène de leurs luttes gigantesques, n'est-elle pas la manifestation monumentale la plus imposante de la nouvelle ère pacifique ouverte à la civilisation?

« ..... Dans le septième chapitre de son ouvrage, *la Conclusion*, l'ingénieur, appelant sur son travail la vérification de la science, émet le vœu qu'une commission internationale soit chargée de cet examen.

« L'examen officiel que nous invoquons, dit-il, paraît le complément « nécessaire d'une étude que nous avons poussée jusqu'à la limite de nos « forces personnelles. Il faut actuellement que ce travail soit repris par « des intelligences collectives, très-versées dans la physiologie des roches « et dans l'exploitation des gîtes souterrains. Il faut plus ; il faut l'assis- « tance que peuvent seuls fournir les budgets de deux grandes nations. »

« Après cette abdication, empreinte d'une profonde humilité inspirée sans doute par le contact incessant des grands phénomènes de la nature, l'auteur s'adresse à ses lecteurs avec une sérénité confiante :

« Nous ne venons pas défendre notre œuvre, leur dit-il. Nous vous la « livrons toute nue, pièce à pièce et dans son ensemble, profondément « convaincu qu'elle recevra de vos lumières un concours coopératif, et « qu'elle sortira de vos mains plus solide et plus complète. »

« Cette modération dans l'exposé d'études qui ont coûté tant de labeurs devait plaire assurément. Aussi n'a-t-elle pas peu contribué à l'accueil sympathique du public et des commissions officielles qui ont été chargées d'examiner ce grand projet. Fait dans de tels termes, l'appel de M. Thomé de Gamond ne pouvait manquer d'être entendu. Déjà bien avant la publication de son ouvrage, ses études excitaient vivement la curiosité publique, dans les ports de la Manche, mais surtout dans les ports anglais où bon nombre d'équipages de pêcheurs avaient assisté ou concouru aux travaux du *French Engineer*. Le digne président de la Société des Ingénieurs civils de Londres, M. Joseph Locke, connu par ses grands travaux en Angleterre et sur le continent, fondateur du chemin de fer de Rouen et ingénieur en chef de celui de Cherbourg, lui avait depuis plusieurs années offert son concours. Les gouvernements français et anglais suivaient les progrès de cette étude avec intérêt. S. A. I. le Prince Napoléon, qui, depuis l'Exposition universelle, fait un si noble emploi de ses loisirs, en s'associant aux travaux de la science contemporaine, encourageait hautement des explorations poursuivies avec tant de persévérance. La question semblait donc, depuis plusieurs années, parvenue à ce degré de maturité nécessaire pour être introduite dans la discussion publique et soumise aux gouvernements, afin d'entrer dans les voies pratiques de l'exécution.

« ..... Les divers organes de la presse européenne ont successivement rendu compte des travaux de M. Thomé de Gamond. Les journaux quotidiens de France et d'Angleterre ont, à plusieurs reprises, exposé à leurs lecteurs le projet du tunnel sous-marin. Les feuilles locales ont traité ce sujet, chacune à son point de vue et parfois avec une grande élévation de pensées. Puis est venu le tour des revues qui ont pénétré plus profondé-

ment dans les questions techniques d'un travail fait pour passionner les gens du monde tout autant que les géologues et les mineurs. Cette matière a fait l'objet d'expositions publiques par des professeurs de plusieurs facultés des sciences, en France et à l'étranger. On peut dire que jamais peut-être un projet d'utilité publique ne fut accueilli et applaudi avec un assentiment plus unanime.

« Cette impression générale serait-elle due au caractère grandiose de la conception, à son utilité, à son audace, aux difficultés de tout genre dont elle est entourée, ou au spectacle imposant des phénomènes révélés par l'étude? On peut admettre que tous ces motifs réunis ont concouru à ce suffrage unanime. Mais, à part son aspect scientifique et moral, la question a été traitée au point de vue strictement matériel par les journaux anglais. Nous citerons à cet égard l'opinion récemment exprimée par l'*Illustrated London News* (23 janvier) qui nous a paru résumer assez exactement et en termes très-sérieux sur cette question, celle de toute la presse anglaise.

« La création de cette grande voie de jonction, dit l'*Illustration de Lon-
« dres*, ferait cesser *l'isolement commercial dont l'Angleterre sera menacée
« par l'achèvement du grand système de railways qui reliera sans rompre
« charge le centre de l'Europe aux ports occidentaux du continent.* Le tunnel
« sous-marin, en plaçant les ports de l'Angleterre, par rapport aux centres
« commerciaux de l'Europe, dans un état de continuité identique à celle
« des ports du continent, *permettra à l'Angleterre de soutenir avec avantage la
« concurrence que doit établir la jonction des ports de l'ouest du continent avec le
« centre de l'Europe, au moyen des railways qui sont en cours d'exécution.* »

« La nécessité commerciale de relier en jonction continue les chemins de fer anglais à ceux du continent paraît donc être en réalité la considération déterminante qui a paru prévaloir chez les hommes d'État et les économistes de l'Angleterre; question capitale, en effet, et sur laquelle le génie britannique a tout d'abord mis le doigt. »

Tandis que l'opinion publique agitait avec intérêt la question du tunnel sous-marin, nous préparions en Angleterre une entente du gouvernement anglais, en vue de donner suite aux travaux d'expériences indiqués par la Commission officielle.

Il nous avait paru opportun de rallier d'abord la coopération effective des trois principaux ingénieurs anglais. C'était chose

déjà faite pour Isambard Brunel et Joseph Locke. Nous avions connu le premier dès notre jeunesse et nous avions reçu de son père un accueil des plus affables, en 1827, à l'époque où il exécutait le tunnel de la Tamise. En outre, nous avions fait avec ce jeune confrère une visite au Canal Calédonien, d'une mer à l'autre, et assisté ensemble à l'inauguration du chemin de fer de Manchester à Liverpool. Le concours de Joseph Locke nous était depuis longtemps assuré. Nous l'avions d'abord connu quand il était l'ingénieur du chemin de fer de Londres à Southampton. Il espérait que cette route pourrait devenir celle de Londres à Paris par le Havre, du moins pour les marchandises, et nous l'avions présenté à notre cousin Adolphe Thibaudeau, qui s'occupait, à la même époque, d'organiser les moyens d'exécution du chemin de fer de Paris à Rouen par la vallée de la Seine. C'était ainsi que Locke avait pu apporter un contingent considérable d'éléments anglais dans la formation de cette compagnie.

Quant à Robert Stephenson, il s'était déjà lié avec les ingénieurs français, alors que les premiers promoteurs du Canal de Suez, Enfantin, Lambert-Bey, Henri Fournel, Bruneau, etc., eurent démontré au monde la possibilité et l'opportunité de percer à nouveau l'antique canal des deux mers, dont Paulin Talabot avait fait refaire le nivellement. L'école Saint-Simonienne s'était assuré, pour cette grande œuvre, la coopération d'ingénieurs britanniques et notamment celle de Stephenson, quand des événements politiques vinrent suspendre ce beau projet, dont s'empara plus tard avec succès un habile diplomate, M. F. de Lesseps.

Robert Stephenson, type du parfait gentleman, ne pardonnait pas au nouveau promoteur du canal d'avoir substitué son

unique personnalité exclusive au concert collectif des premiers promoteurs du canal de Suez. Par ce motif, Stephenson s'était retourné contre ce projet et avait suivi lord Palmerston dans la résistance systématique qu'il ne cessait de lui opposer.

Dans l'œuvre du tunnel sous-marin, depuis longtemps examinée près de nous, comme on l'a vu, par Stephenson, son concours mental nous était réellement acquis et garanti par l'adhésion de ses deux collègues anglais. Mais il semblait alors suivre du regard Palmerston et, s'inspirant de son attitude dans la question nouvelle des grands travaux cosmopolites, il gardait une certaine réserve.

Cette résistance opiniâtre de lord Palmerston contre l'entreprise du canal de Suez pouvait, sous un certain point de vue politique, paraître légitime à cet homme d'État qui méditait la possession de cette route commerciale au profit de sa patrie. Il croyait pouvoir empêcher par des obstacles diplomatiques la construction de ce canal, sauf à la voir reprendre plus tard par des intérêts exclusivement britanniques. Ce sentiment exclusif ne se fût pas produit assurément, si M. de Lesseps eût persisté comme Talabot, dans l'idée de s'associer aux Anglais pour l'exécution de son œuvre.

La première fois que nous eûmes l'occasion d'entretenir lord Palmerston au sujet du tunnel sous-marin, nous le trouvâmes tout d'abord passablement boutonné : « Quoi! vous prétendriez nous faire contribuer à une opération dont le but serait de raccourcir une distance que déjà nous trouvons trop courte! » Nous lui témoignâmes le désir d'en entretenir le prince Albert en sa présence, ce à quoi il consentit très-gracieusement.

Le Prince-Consort avait accueilli ce projet avec une sympathie vraiment enthousiaste. Sa réception fut donc des plus bienveillantes. Une conversation s'engagea entre nous, dans laquelle le prince développa tous les avantages que son esprit élevé entrevoyait pour l'Angleterre dans l'établissement d'une voie de jonction avec le continent. Lord Palmerston, sans sortir de ce ton de parfaite courtoisie qui lui était habituel, lui fit cependant une observation très-rude au fond : « Vous penseriez tout autrement, si vous étiez né dans cette île! »

Nous fûmes personnellement stupéfait de cette apostrophe inattendue. Faire sentir au noble prince Albert, connu de tous pour aimer sa patrie d'adoption, qu'il était un étranger, c'était un procédé choquant dont nous fûmes, pour notre part, profondément blessé.

Deux jours après, nous allâmes nous excuser auprès du Prince-Consort de cet incident disgracieux dont nous étions la cause. Le prince ne paraissait pas en avoir été offensé, et nous dit qu'il avait reçu cette flèche innocente comme une des fréquentes boutades dont *Palm* était coutumier. Puis il ajouta qu'il avait dit quelques mots du *submarine tunnel* à la Reine. Sa Majesté avait eu la gracieuseté de lui répondre ces bonnes paroles : « Vous pouvez dire à l'ingénieur français que s'il parvient à faire cela, je lui donne ma bénédiction, en mon nom personnel et au nom de toutes les ladies de l'Angleterre. »

Lord Palmerston en eut connaissance, et, soit qu'il se fût opéré un revirement dans sa pensée en considérant l'opinion publique, soit qu'il ne fût pas au fond aussi disposé à la résistance qu'il avait paru l'être, il dit franchement un soir, dans une réunion nombreuse où l'on vint à parler du tunnel :

« Ce projet s'accomplira, parce qu'il est respectable et parce qu'il a en sa faveur toutes les dames de l'Angleterre. »

De son côté, Richard Cobden avait dit, dans un meeting public : « Je considère le *submarine tunnel* comme la véritable arche d'alliance des deux pays. »

La question faisait donc progressivement son chemin dans les esprits en Angleterre, quand un odieux attentat, survenu à Paris, sous le vestibule de l'Opéra, le 14 janvier 1858, vint l'ajourner pour longtemps. Des révélations, rendues publiques à la suite de ce triste événement, vinrent jeter quelques nuages entre les gouvernements des deux pays. L'ambassadeur de France, le comte de Persigny, qui avait commencé à nous aider à Londres, fut rappelé et remplacé par un militaire.

Nous reçûmes alors d'un haut personnage, auquel nous attachaient de précieux souvenirs de jeunesse, datant de l'exil, le conseil d'éviter d'user la question du tunnel sous-marin, en persistant à l'introduire dans des circonstances aussi peu opportunes. On eut même la bienveillance d'ajouter qu'il serait également regrettable que nous vinssions à nous user nous-même inutilement au service d'une idée qu'il fallait savoir réserver pour des temps meilleurs.

TUNNEL SOUS-MARIN

ANGLO-FRANÇAIS

DEUXIÈME PARTIE

PROJET NOUVEAU

TERMINE EN 1866 ET PRÉSENTEMENT EXPOSÉ

CHAPITRE XI.

REPRISE DU PROJET.

1866

Attendre des temps meilleurs! tel était le sage conseil qui avait proposé l'ajournement du projet en 1858. Nous dûmes rester pendant quelques années dans une complète réserve sur la question du tunnel sous-marin. Les loisirs que nous pouvions dérober à nos occupations courantes et que nous avions eu l'habitude de consacrer en grande partie à cet objet furent employés à des études générales sur le régime hydraulique de la France destinées à voir le jour. En outre, le projet de canal interocéanique de l'isthme américain, dont les

plans sont présentement exposés à côté de ceux du tunnel, nous occupa presque exclusivement pendant deux années.

Le traité de commerce entre la France et l'Angleterre, en resserrant les liens des deux pays, nous semblait être l'aurore des temps meilleurs si désirés. Aussi nous crûmes pouvoir reprendre, toutefois avec une certaine discrétion, le cours de nos études ajournées. Dès que l'Exposition universelle fut annoncée, en 1866, pour l'année 1867, nous fîmes connaître au personnage qui nous avait conseillé l'ajournement notre velléité d'exposer publiquement les plans du Tunnel; ce qui fut grandement approuvé.

Les modifications importantes que nous préparions pour ce projet exigèrent sur le détroit plusieurs petites campagnes de vérification qu'il était difficile de dissimuler dans les ports où nous étions connu des marins. Aussi le ***Moniteur universel*** du 28 avril 1866 fit, le premier, l'innocente indiscrétion suivante que répétèrent la plupart des journaux, avec force commentaires, insistant tous sur l'utilité et l'opportunité du projet :

« On nous écrit de Boulogne-sur-Mer :

« Une brigade de géomètres et de marins vient de traverser notre ville et va commencer une campagne sur le détroit de Calais, pour les dernières vérifications du projet d'un tunnel sous-marin. Depuis plusieurs années, l'auteur de ce projet a continué ses explorations annuelles pour perfectionner son œuvre et en accélérer la réalisation en la simplifiant. Le percement du massif sous-marin pourrait, dit-on, être opéré par quatre galeries à la fois, dont la plus longue n'excéderait pas 10 kilomètres. On assure également que les plans en relief du tunnel, et les travaux scientifiques qui s'y rattachent, figureront à l'Exposition universelle de 1867. »

Ce fut ainsi que la question du tunnel sous-marin, jusqu'a-

lors réservée discrètement, reparut à l'horizon avec des amendements introduits par le temps. Avant de décrire le nouveau projet élaboré pendant l'année 1866, il nous paraît convenable de consacrer quelques pages à la critique de notre précédent projet de 1856.

CHAPITRE XII.

CRITIQUE DU PROJET DE 1856 PAR L'AUTEUR.

Nous nous abstiendrons de reproduire ici les détails de notre projet de tunnel sous-marin de 1856, si ce n'est toutefois pour en faire la critique et expliquer les transformations qu'il a subies avant de reparaître plus complet dans le plan actuel qui figure à l'Exposition universelle.

Nous avions adopté pour le tunnel sous-marin en 1856 la ligne de la pointe Eastware au cap Grinez, par des considérations purement géologiques, longuement énumérées dans l'étude, et nous étions arrivé à abaisser les prévisions de la dépense pour ce travail à 170 millions de francs, chiffre de beaucoup inférieur à ceux de nos précédentes combinaisons.

Ce projet de 1856 avait dû être introduit dans le public avec une certaine circonspection, en vue d'aller au-devant de deux objections assez graves.

C'était, en premier lieu, la crainte un peu puérile entretenue à dessein en Angleterre par un homme d'État d'alors, que le tunnel sous-marin ne servît de défilé, comme dans le projet de l'ingénieur Mathieu, pour faire pénétrer furtivement une armée française d'invasion. Il était coupé court à cette objection par l'établissement, dans notre projet, de bondes à soupapes destinées à noyer le tunnel par l'introduction subite de la mer.

En second lieu, il fallait aussi écarter l'objection fondée sur

la crainte que la construction d'un tunnel de cette longueur ne durât des siècles, et que l'on n'en pût jamais voir l'achèvement. Le projet de 1856 écartait encore cette objection en démontrant que les approches pour le percement du tunnel pouvaient être multipliées à l'infini, et que, moyennant une douzaine d'îlots d'enrochements fondés dans le détroit, on pouvait réduire la longueur des ateliers de percement sous la mer à ce qu'elle est dans les tunnels ordinaires du continent.

Ces deux procédés : les bondes à soupape et les douze îlots, étaient, en réalité, ce que les avocats appellent des *moyens* pour obtenir le succès d'une cause. Avouons-le, nous ne les avions introduits que dans ce but, sans penser qu'il pût être jamais nécessaire de les appliquer. Nous constatons aujourd'hui que l'emploi de ces *moyens* a complétement réussi; car personne maintenant ne redoute plus, ni l'invasion furtive d'une armée, ni la prolongation indéfinie de la durée d'un pareil travail, s'il est entrepris avec la force et l'énergie dont dispose le génie de construction dans les deux pays intéressés. Le double résultat que nous nous étions proposé en surchargeant notre premier projet de ces deux *moyens* étant obtenu, nous nous sommes empressé de supprimer les bondes à soupape et les douze îlots dans le plan présentement exposé.

Le projet de 1856 avait encore un vice radical dans son établissement. C'est que ce long tunnel de 34 kilomètres avait lui-même pour voies d'accession deux autres tunnels en terre ferme dont le développement réuni atteignait 15 kilomètres. Par là le tunnel sous-marin, si long par lui-même, était encore allongé de la moitié en sus environ. Or, il semble que ce soit déjà bien assez d'avoir à effectuer une circulation sous voûte,

inévitable pour la traversée de la mer, sans étendre l'application de ce système de voûtes aux voies d'accession qui peuvent s'établir, avec un peu plus de dépense, à ciel ouvert.

L'établissement de deux voies d'accession voûtées sur la terre ferme était donc une faute capitale dans notre premier projet de tunnel. Il nous a suffi, pour éviter ce grave inconvénient, de faire pivoter légèrement sur elle-même la ligne du tracé dans le nouveau projet, en portant ses points d'attache de l'Ouest à l'Est du promontoire de Grinez, sur la côte de France, et à Cape-Point, près de Folkestone, sur celle d'Angleterre. La planche III, ligne n° 6 (planche II de l'Atlas), indique cette évolution qui évite la traversée souterraine du massif abrupt du cap Grinez en France et des falaises crayeuses non moins abruptes en Angleterre.

Les deux nouveaux points d'attache de cette ligne correspondent ainsi à deux dépressions dans les falaises du littoral, au fond desquelles il est plus facile d'établir des tranchées à ciel ouvert pour l'accession du tunnel dont la longueur voûtée se trouve par là *limitée à la seule largeur du détroit.*

La nouvelle ligne du tracé, ainsi rapprochée du col de Folkestone, se trouve en même temps remontée sur le plateau du banc de Varne, vers un point où ce plateau s'élargit de manière à offrir plus d'espace pour la construction de l'*îlot de Varne*, établissement essentiel, que nous avons maintenu et agrandi dans le projet comme atelier de percement du tunnel, avec une nécessité d'autant plus grande que tous les autres îlots sont maintenant supprimés.

Telles sont les principales modifications que nous avons fait subir au premier projet de 1856 pour l'établissement du nouveau plan du tunnel exposé au Champ de Mars.

CHAPITRE XIII.

PROJET NOUVEAU DU TUNNEL SOUS-MARIN TERMINÉ EN 1866 ET PRÉSENTEMENT EXPOSÉ AU CHAMP DE MARS.

Nous venons d'indiquer dans notre critique du précédent projet à quelles modifications nous avons été conduit pour établir le plan présentement exposé devant le public. Nous allons èn décrire brièvement les principales conditions, pour l'intelligence desquelles nous avons rassemblé sur la planche II de l'Atlas la réduction des principales figures produites à l'Exposition universelle.

Nous plaçons au nombre de ces figures la carte géologique et hydrographique du détroit de Douvres, réduction de la planche II exposée, indiquant la direction des lignes par nous étudiées, depuis 1833 jusqu'à l'année 1866, pour les différents systèmes de jonction entre l'Angleterre et le continent. Les longueurs de ces lignes sont exprimées par les chiffres suivants :

N° 1.	De Douvres à Calais.	39,400 mèt.
N° 2.	De Ness-Corner-Point à Calais	35,875 —
N° 3.	De Ness-Corner-Point au cap Blanc-Nez . .	33,870 —
N° 4.	De Douvres au cap Grinez	33,400 —
N° 5.	De Eastware-Point au cap Grinez.	34,000 —
N° 6.	De Folkestone au cap Grinez (*tracé actuel*).	36,040 —
N° 7.	Du cap Dungeness au cap Grinez	43,850 —
N° 8.	Du cap Dungeness à Boulogne.	48,750 —

Les n^os^ 9 et 10 sont les lignes des plus grandes profon-

deurs du détroit, dans le chenal anglais et le chenal français. La planche III exposée, dont la réduction est également ci-annexée, planche II de l'Atlas, présente les profils de toutes ces lignes.

CHAPITRE XIV

TRACÉ DU TUNNEL.

Le tracé part de Cape-Point, près Folkestone, et se dirige, en passant par le Banc de Varne, vers la côte de France qu'il atteint à l'Est du cap Grinez.

Ce tracé, long de 36,040 mètres (22 milles anglais), présente un trajet maritime excédant de 2 kilomètres la ligne de Douvres; mais il constitue en réalité la route la plus courte entre Paris et Londres par le détroit, en ce qu'il évite le détour sensible qu'il faudrait faire vers l'Est pour desservir Calais et Douvres.

Les autres routes que nous avons étudiées par la mer d'Allemagne dans l'Est du cap Grinez, allongent effectivement le parcours, en même temps qu'elles allongeraient la durée du percement. Ces considérations frappent d'infériorité ces tracés, puisqu'ils auraient le double inconvénient d'accumuler les obstacles sans aucune compensation.

Le motif déterminant du choix de la direction préférée réside surtout dans la nature du sol sous-marin, à travers lequel le percement du tunnel est projeté.

En effet, quand on se propose de s'engager dans l'œuvre exceptionnelle de cette grande voie souterraine percée au-dessous de la mer, il faut d'abord s'assurer autant que possible d'impénétrables chapes, capables de préserver des in-

filtrations de l'eau le travail projeté. Or ces chapes se rencontrent naturellement dans les puissants et solides étages argileux d'Oxford et de Kimmeridge qui existent au sommet des formations jurassiques. (Voir planche I de l'Atlas.)

Le profil de cette ligne, occupée en grande partie par les terrains jurassiques, ne rencontre les grès verts qu'à son extrémité Nord, c'est-à-dire sur le littoral d'Angleterre où les moyens d'épuisement sont possibles, et où par conséquent il est plus facile de traverser ces terrains que si on les attaquait dans le milieu de la mer. On pourrait même se débarrasser des obstacles entrevus dans ces terrains s'ils étaient reconnus trop grands, en abaissant la ligne du Tunnel au-dessous de ces formations. Par les autres lignes situées à l'Est, on rencontre au contraire, dans toute l'étendue du trajet, ce même terrain des grès verts, parmi les dépôts hétérogènes et variés de la craie glauconieuse, au-dessous de la craie blanche qui a en grande partie disparu par dénudation dans le milieu du détroit.

Une autre considération non moins déterminante pour l'adoption de la ligne proposée, c'est que la sommité des formations jurassiques présente, au centre du détroit, un plateau élevé constituant une véritable île sous-marine, connue sous le nom de ***Banc de Varne***. Nous proposons d'utiliser cette île pour établir un atelier de percement, en vue d'abréger de moitié la durée de l'exécution du tunnel. On verra bientôt comment cet atelier, fondé sur un îlot exhaussé, pourra, après avoir facilité l'achèvement plus rapide du tunnel, servir de palier d'accession pour l'exploitation ultérieure du chemin de fer sous-marin.

Le massif du plateau de Varne divise naturellement sur ce point le détroit en deux canaux distincts. Le chenal anglais a 15,425 mètres de largeur, et le chenal français 20,315 mètres. En considérant cette deuxième section, la plus longue, comme la principale œuvre du percement, on se trouve en présence d'une ligne d'opération de 20 kilomètres (12 milles anglais), dont la moitié est exactement de 10 kilomètres (6 milles anglais).

Dans de telles conditions, *ce serait à la construction partielle de deux galeries souterraines, de* 10 *kilomètres chacune ou* 6 *milles anglais, allant à l'encontre, que se réduirait en réalité la durée du percement du tunnel sous-marin.*

En résumé le tracé du tunnel se diviserait en trois sections distinctes :

Longueur sous le chenal anglais. .	15,425 mèt.
Longueur du palier de Varne. . . .	300 —
Longueur sous le chenal français.	20,315 —
Longueur totale.	36,040 mèt.

CHAPITRE XV.

EXAMEN GÉOLOGIQUE DES TERRAINS TRAVERSÉS PAR LE TRACÉ.

Le grand diagramme géologique, à l'échelle de $\frac{1}{5000}$, exposé au-dessous du plan du tracé, et dont la planche I de l'Atlas reproduit la réduction à une échelle moitié moins grande $\frac{1}{10000}$, indique les diverses sortes de terrains que nous avons calculé devoir être traversées par le tunnel sous-marin.

Nous nous sommes attaché surtout à diriger le tracé du tunnel au-dessous des terrains imperméables qui consistent en puissantes couches d'argile occupant le sommet des formations jurassiques, et qui sont, on ne saurait trop le répéter, comme autant de chapes naturelles de sûreté, étalées sous la mer pour préserver l'exécution de l'œuvre projetée.

Ces terrains diffèrent à peine de ceux du diagramme publié dans le Mémoire de 1856, vu la proximité des lieux où sont tracés ces deux profils qui se confondent tout à fait du côté de la France.

Par ce motif nous jugeons superflu de reproduire ici la longue description donnée dans le chapitre *des Milieux* du Mémoire cité ci-dessus; laquelle description ne saurait être modifiée que lorsque de nouvelles investigations, au moyen d'un certain nombre de puits foncés sur chaque littoral du détroit, et au besoin dans la mer, auront permis de rectifier nos propres erreurs.

Ces puits de recherche dont le foncement serait nécessaire avant de déterminer avec précision le tracé du tunnel, pourraient être au nombre de huit, savoir : quatre en Angleterre et quatre en France, à 4 kilomètres à peu près les uns des autres et jusqu'à la profondeur de 100 mètres environ, sur chaque littoral. Ils permettraient de vérifier plus complétement les inclinaisons du soulèvement du Boulonais et des affaissements correspondants. Ils donneraient exactement l'épaisseur et la texture des diverses couches du sol, et permettraient surtout d'obtenir en même temps, dans chacun d'eux, la mesure bien importante de l'afflux local des eaux dans le puits en général, et en particulier dans chacun des bancs traversés.

Le creusement de ces puits nous paraît devoir être le premier acte pour acquérir les éléments de certitude indispensables avant d'attaquer la grande opération du percement des galeries d'axe.

Ces excavations devraient être elles-mêmes précédées d'un plus grand nombre de sondages foncés à des intervalles rapprochés. Ces forages préliminaires fourniraient des lumières suffisantes pour déterminer l'emplacement des puits et permettraient peut-être d'en supprimer quelques-uns.

Telles sont, selon nous, les opérations indispensables avant de préluder sûrement au plan d'attaque du percement des galeries d'axe du tunnel sous-marin.

Nous insistons sur ce point : dans l'établissement d'un plan d'opérations de cette gravité, il ne faudrait pas préjuger par analogie, sous peine de graves erreurs. On peut varier d'opinions dans le domaine de l'hypothèse; mais il importe de se placer ici en dehors de l'ordre conjectural, pour

faire appel à l'expérience, devant laquelle tous doivent s'incliner. L'expérience est le seul terrain solide sur lequel l'ingénieur puisse raisonnablement fonder un projet normal.

Les sondages effectués pour les puits artésiens, dans des terrains similaires, ne sauraient fournir de données utiles sur la question des eaux adventices. Ces forages ont été faits en vue de rechercher l'eau jaillissante. Jusqu'à ce que ce résultat ait été atteint ou non atteint, on n'avait aucun intérêt à observer, dans ces puits, l'agissement local des eaux subordonnées que l'on considérait comme des eaux mortes ou sans mouvement digne d'attention, tant qu'elles ne s'élevaient pas au-dessus du niveau du sol.

Dans cet ordre d'idées, il ne pouvait venir à la pensée des opérateurs de vider, soit chaque jour, soit à chaque changement de terrain, le liquide contenu dans ces forages, et d'obtenir ainsi, par l'observation du temps nécessaire au remplissage des cavités épuisées, la mesure relative de l'agissement des eaux et de leur afflux.

Nous considérons les opérations préalables de recherche comme nécessaires, disons mieux, comme indispensables, pour obtenir quelque lumière sur un point de la question encore obscur, avant de se lancer dans les galeries d'axe horizontales.

Les terrains du profil (Pl. I de l'Atlas) comprennent la série presque entière des formations jurassiques, et la période crétacée n'y est représentée, du côté de l'Angleterre, que par l'extrémité inférieure de l'étage des grès verts.

La faible étendue du prolongement de cet étage des grès verts sous ce point du détroit est un des principaux motifs, avons-nous dit, qui nous ont fait persister dans le choix de

cette ligne, de préférence à toute autre, pour le percement du tunnel. On sait combien un certain nombre de bancs de cet étage glauconieux, décrits un à un dans nos précédents Mémoires, sont aquifères. Or le danger diminue quand l'obstacle qui le produit se trouve sur la terre ferme en Angleterre, et quand il ne se prolonge qu'à une faible distance sous la mer. Le danger serait très-grave au contraire dans les lignes situées entre Douvres et Calais, où l'on serait exposé, si nos indications sont exactes, à rencontrer des obstacles de cette nature dans le milieu même du détroit.

Nous n'avons également rien à ajouter à ce que nous avons dit dans nos précédents Mémoires concernant les biseaux d'infiltration figurés au diagramme (Pl. I de l'Atlas), joints naturels que nous avons prévu pouvoir exister aux plans de séparation de plusieurs de ces couches où se trouvent d'ordinaire des veines de sables intercalées et à travers lesquels des suintements de l'eau de mer sont possibles.

Le danger de ces infiltrations paraît, nous le répétons, devoir diminuer en raison de la longueur de ces joints sableux, longueur dépassant plusieurs kilomètres, vu la grande obliquité produite par la faible inclinaison des couches traversées.

Quant aux infiltrations directes de l'eau de mer à travers les fissures verticales des terrains stratifiés, elles ne nous paraissent pas à redouter.

D'après l'examen des terrains secondaires de la France et de l'Angleterre, dans la région avoisinant le détroit, nous sommes porté par une virtuelle induction à admettre que les terrains jurassiques et les terrains crétacés sous-marins sont également traversés de part en part par un certain nombre de fentes perpendiculaires aux couches et qui toutes ont la même

origine. Ces fentes sont en général très-étroites et présentent des largeurs variant de $0^m,25$ jusqu'à 2 mètres. Elles ont souvent une légère conicité, tant soit peu évasée par le haut, quelquefois par le bas; ce qui semblait indiquer à première vue qu'elles avaient pu être causées par des soulèvements et des affaissements alternatifs du sol, mouvements accomplis avec une lenteur multiséculaire, mais qui ont dû se produire surtout vers la fin de la période crayeuse, puisque la craie blanche est elle-même traversée par ces fentes. On peut estimer que ces phénomènes, qui ont dû alterner pendant un laps de temps immense, ont pu prendre fin vers une époque contemporaine de celle où la chaîne des Pyrénées a surgi au-dessus de l'écorce terrestre. Depuis cette époque, qui a dû précéder de bien longtemps celle de l'apparition de la race humaine sur la terre, on n'aperçoit aucune trace de mouvement dans les terrains formant le massif du Pas-de-Calais.

Nous avons acquis plus tard la certitude, par un examen attentif, que le léger évasement observé dans ces fentes provenait tout simplement de l'éboulement par désagrégation de la partie supérieure de leurs parois pendant le temps plus ou moins long qu'elles ont dû rester occupées par les eaux, avant que leur remblai eût été effectué par des dépôts limoneux.

Mais ce qui intéresse particulièrement le sujet que nous traitons, c'est que toutes ces fentes, sans exception, ont été pénétrées et successivement remplies par des limons supérieurs, argileux ou calcaires, lesquels constituent un lut ferme et serré, aussi impénétrable à l'eau que la roche stratifiée, à travers laquelle ces fentes ont été ouvertes.

Il importe de remarquer, pour les personnes qui n'ont pas l'habitude de déchiffrer à vue dans le livre ouvert de la nature,

qu'il ne faudrait pas confondre ces fendillements remplis par des dépôts consolidés, mais non cristallins, avec ceux des terrains anciens occupés par des filons calcaires venus d'en bas ou par des brèches cristallines venues d'en haut, ni avec les fractures des terrains tertiaires, comblées par des limons alluviens ou diluviens plus récents, offrant des traces d'humus végétal.

L'éventualité de venues d'eau à travers la pâte compacte et consolidée qui remplit les fentes accidentelles des terrains secondaires, et qui fait corps avec eux, nous paraît encore moins à craindre que les suintements dont nous avons indiqué ci-dessus la possibilité à travers les biseaux naturels d'infiltration pouvant exister dans les interstices des couches stratifiées indiqués par nos différents diagrammes. (V. Pl. I.)

Nous sommes d'autant plus fondé à affirmer cette opinion qu'elle est conforme à celle de nos confrères les géologues français et étrangers qui ont bien voulu suivre avec intérêt nos observations sur les terrains du Pas-de-Calais [1].

1. Il ne faudrait pas préjuger de l'état des roches submergées d'après l'aspect des sédiments rocheux émergés des continents. Dans ces derniers sédiments il s'est opéré, sous l'influence du temps et des variations de la température atmosphérique, des mouvements de retrait pendant le desséchement de la pâte rocheuse, lesquels ont fendillé la masse, tantôt verticalement, tantôt horizontalement suivant l'assise des dépôts, souvent même dans ces deux directions à la fois. Ce phénomène de fendillement n'a pu se produire dans les roches sous-marines qui ont conservé ou repris leur eau de carrière comme elles conservent leur eau de composition, et qui constituent dès lors un agrégat plus homogène. Aussi avons-nous toujours constaté la texture compacte des bancs d'argile ou de craie blanche situés sous la mer et dont les éclats se détachent sous le marteau géologique avec une cassure franche que l'on n'observe pas toujours aussi nette dans les couches émergées.

CHAPITRE XVI.

LES VOIES D'ACCESSION DU TUNNEL.

Les voies d'accession du tunnel, indiquées sur la planche V exposée, dont nous offrons ici les principales figures (Pl. III de l'Atlas), consistent, sur la terre ferme, en deux tranchées foncées à 40 mètres au-dessous du niveau de la mer, et dont les talus sont muraillés en maçonnerie hydraulique dans toute cette hauteur.

La plate-forme de la voie, dans la partie étroite des tranchées, est large de 10 mètres et s'élève par une rampe de $0^{m},010$ pendant un trajet de 4 kilomètres, au bout duquel elle se trouve au niveau de la mer. De ce point, la voie va se raccorder avec les chemins de fer voisins, dans chaque pays. Nous n'avons pas, quant à présent, à nous occuper de ces raccordements, et notre tracé doit s'arrêter à l'extrémité supérieure de chaque tranchée d'accession, point où l'œuvre de la voie sous-marine se trouve élevée au-dessus du niveau de la mer.

Dans sa partie la plus basse, à l'origine du tunnel, la plate-forme de la tranchée s'élargit à 30 mètres, pour former un palier de 500 mètres de longueur, destiné aux manœuvres des trains et aux bâtiments d'exploitation. Sur ce palier sont également placées les machines à vapeur pour l'élévation de l'eau des citernes d'assainissement, si l'on ne préfère des moteurs

hydrauliques par la marée, ainsi que nous l'indiquerons ci-après. Chacun de ces paliers d'accession, aux deux extrémités du tunnel, est pourvu de puits desservant de vastes citernes : l'une pour l'égouttement de la tranchée ; l'autre, située plus profondément, pour l'assainissement du tunnel.

Si l'on n'était pas retenu par un excédant de dépense, il pourrait être utile d'allonger de 2 kilomètres les rampes de ces tranchées pour abaisser leur inclinaison prévue de $0^m,010$ à $0^m,006,7$, et mettre ainsi cette inclinaison en rapport avec celle des rampes sous-marines du tunnel. Nous serions également porté à agrandir les paliers d'entrée jusqu'à la longueur de 1,000 mètres, pour donner plus d'aisance à la manœuvre des aiguilles et à l'étalage des trains, aux deux issues du tunnel.

Au moyen de ces deux amplifications, les paliers d'entrée auraient une longueur de	1,000 mèt.
Les rampes d'accession, une longueur de	6,000 —
Longueur totale de chacune des tranchées d'accession aux deux extrémités du tunnel	7,000 mèt.

Dans cette hypothèse, l'œuvre du tunnel sous-marin, y comprises les approches, aurait le développement ci-après :

Longueur de la voie sous-marine voûtée		36,000 mèt.
Longueur des voies d'accession à ciel ouvert :		
Tranchée anglaise	7,000 mèt.	14,000 —
Tranchée française	7,000 —	
Longueur totale		50,000 mèt.

La troisième voie d'accession est le palier de Varne, situé dans l'îlot de ce nom, au centre du détroit. On va voir com-

ment le chemin de fer sous-marin se trouve sur ce point en contact avec la navigation maritime, au moyen d'une rampe spiroïde qui permet aux wagons de monter, du fond du cirque où se trouve le palier, jusque sur les quais des bassins d'un port contigu, projeté dans l'île de Varne.

CHAPITRE XVII.

ILOT DE VARNE.

L'îlot de Varne du projet de 1856 était une étoile à quatre branches, disposées de manière à abriter entre elles quatre quais à la mer, indépendamment d'un port intérieur[1]. Nous avons profondément modifié cette disposition jugée insuffisante dès le début.

L'établissement de Varne, dans le projet actuellement exposé et dont nous reproduisons le plan et la coupe sur les planches de l'Atlas, consiste dans une île naviforme fondée sur le plateau du banc de Varne et ceinte d'épaisses murailles monolithes. La construction de ces murailles est projetée par la méthode des *Batardeaux-Flotteurs*, système décrit avec détail sur la planche IV des études figurant à l'exposition du tunnel, lequel système, d'après l'avis des ingénieurs versés dans les constructions à la mer, paraîtrait le plus correct et le plus économique, en l'état de la science.

Dans le terre-plein occupant le nord de l'îlot, est foncé un cirque spacieux inscrivant un palier de 300 mètres de diamètre (6 hectares), situé un peu plus bas que les tranchées d'accession, à une profondeur de 45 mètres au-dessous du niveau de la mer.

1. Voir la figure de ce port, à la planche II de notre Mémoire, édité par Dalmont en 1857.

Ce palier de Varne est le chantier maritime du percement du tunnel sous-marin, opération qui pourra être attaquée sur ce point par deux galeries de mine allant dos à dos, à la rencontre des deux autres galeries ouvertes sur les côtes d'Angleterre et de France.

Au moyen de l'atelier de Varne, le percement du tunnel serait partagé en quatre sections au lieu de deux. L'intervalle de 20 kilomètres, qui sépare l'îlot de Varne du continent, se trouverait divisé en deux galeries souterraines, chacune de 10 kilomètres de longueur, ainsi que nous l'avons déjà indiqué.

La durée probable des travaux serait par là réduite à celle du percement effectif d'une longueur maxima de 10 kilomètres (6 milles anglais). Cette division permet de prévoir l'achèvement du tunnel sous-marin dans un espace de temps beaucoup moins long que la durée qui serait nécessaire si l'entreprise n'était abordée que par les deux rives du détroit.

Après l'achèvement des travaux, le palier de Varne deviendrait une station pour l'exploitation du tunnel au centre du détroit.

Du palier de Varne, les wagons accéderaient au terre-plein de l'île par la rampe spiroïde dont nous avons parlé, de 150 à 200 mètres de rayon, inclinée au dix-millième et d'une longueur de 4 kilomètres développée autour du cirque. En outre, pour éviter aux voyageurs la longueur de ce parcours, un appareil élévatoire plus rapide pourrait faire monter ou descendre les 45 mètres de hauteur dans l'espace de vingt secondes.

Dans le sud de l'îlot serait établi un avant-port complété par trois bassins de flot munis de quais desservis par le

chemin de fer. La longueur des quais projetés au plan, tant dans l'avant-port que dans les bassins de flot, dépasse 3,500 mètres.

Les terre-pleins de l'île seraient remblayés à 5 mètres au-dessus du niveau moyen de la mer et à 2 mètres au-dessus des plus hautes marées, avec les matériaux provenant des excavations du cirque et du tunnel sous-marin.

La superficie totale de l'îlot naviforme de Varne est, selon le plan, de. .		60 hect.
A déduire :		
Surface d'eau occupée par l'avant-port.	10 hectares.	20 —
Surface d'eau occupée par les bassins de flot.	10 —	
La superficie générale des terre-pleins est de.		40 hect.
Retranchant de cette surface le creux réservé au cirque, environ. . . .		12 hect.
Il reste à remblayer une superficie de terre-pleins, réduite à.		28 hect.

ou 280,000 mèt. carrés, sur une épaisseur de 16 mèt., savoir :

Hauteur moyenne du remblai depuis le fond de la mer jusqu'au niveau moyen des marées	11 mèt.
Hauteur au-dessus du niveau moyen jusqu'au niveau des plates-formes de l'îlot	5 —
Épaisseur totale des remblais. Ensemble.	16 mèt.

Les plates-formes des terre-pleins se trouveront ainsi élevées effectivement à 2 mètres environ au-dessus des plus hautes mers. Elles seront en outre défendues par des parapets.

La surface réelle à remblayer étant de 280,000 mètres, sur une épaisseur moyenne de 16 mètres, le volume total des remblais s'élèvera à 4,480,000 mètres cubes.

Il sera pourvu au remblai de cette masse par les déblais suivants :

Excavation de la partie du cirque en contre-bas du fond de la mer, jusqu'au niveau du palier de Varne :

Circonf. : 1,000^{m} × 80^{m} = surface 80,000^{m} × hauteur 32^{m} =. . . . . 2,560,000$^{m\,s}$

Excavation de la moitié de la longueur du tunnel, opérée par l'atelier de Varne :

Moitié de la galerie anglaise.	7,700 mèt.	
Moitié de la galerie française	10,000 —	
Longueur.	17,700 mèt.	
A raison de 120 mètres cubes par mètre courant, soit un déblai total de		2,124,000$^{m\,s}$
Total des déblais disponibles.		4,684,000$^{m\,s}$

Ce volume compense largement celui des remblais de l'îlot de Varne, évalués ci-dessus à 4,480,000 mètres cubes, sans tenir compte des foisonnements de la matière.

Déjà dans nos précédents Mémoires nous avons fait ressortir tous les avantages qui pourraient résulter, pour l'exploitation du tunnel, de la mise en contact des wagons avec la navigation maritime.

Indépendamment du cabotage effectué entre la France et l'Angleterre par le détroit, ce détroit de Douvres est la grande route de tous les navires desservant le commerce du Nord de l'Europe. Ce mouvement maritime est immense.

Or combien de navires allant dans ces ports du Nord de l'Europe ou en provenant, et suivant la route du détroit, soit pour le cabotage, soit pour le long cours, auront intérêt, en passant au milieu de ce canal, à accoster une station reliée à toutes les voies ferrées de l'Angleterre et du continent, pour y prendre ou y laisser du fret ou des approvisionnements de toute nature, pour y communiquer instantanément par la télégraphie avec leurs ports de provenance ou de destination? De l'avis unanime des capitaines qui ont observé ce projet, l'activité réservée à une pareille position maritime ne peut se mesurer; elle est incalculable.

Il serait en effet impossible de méconnaître à quel point le gisement d'une station nautique d'un aussi facile accès, au milieu de la route maritime des peuples du Nord de l'Europe, peut développer le trafic de ces peuples avec l'Angleterre et la France.

L'idée de créer un établissement sur l'île sous-marine qui existe au milieu du détroit a été critiquée par plusieurs des personnes que nous avons indiquées et qui ont proposé des projets d'aventure pour faire le tunnel dans la mer d'Allemagne, entre Douvres et Calais, où il n'existe pas d'île sous-marine permettant la disposition étudiée pour le Varne. Mais aucun observateur sérieux n'a pu être dupe de cette critique. Vouloir, pour la satisfaction puérile de s'attribuer la personnalité d'un projet, le proposer sur un point où la présence continue de la craie inférieure eût augmenté les difficultés du percement; se priver volontairement des moyens d'abréger de moitié la durée de ce percement; priver également l'exploitation du tunnel d'un havre de correspondance pour une navigation maritime capable de lui apporter un trafic équivalant peut-être à celui que lui réservent les voies ferrées; une pareille insistance était assurément une prétention peu réfléchie qui ne pouvait résister à l'examen.

Nous remarquons maintenant avec satisfaction que si notre précédent projet de fonder une série d'îlots nombreux dans le détroit a été critiqué non sans raison par les marins, la haute utilité d'établir une île unique munie d'un port, au centre de la ligne, pour faciliter l'exécution et l'exploitation ultérieure du tunnel, est généralement comprise et ne rencontre plus parmi eux que des approbateurs chaleureux. Chacun se plaît à reconnaître que si l'île sous-marine située au milieu du

détroit eût été naturellement émergée, le commerce l'aurait occupée et utilisée depuis longtemps. Or, le travail nécessaire pour élever cette île au-dessus de la mer est peu considérable, eu égard aux avantages de sa position nautique. Ces avantages seuls eussent suffi pour en motiver l'érection, alors même que le tunnel n'eût pas été construit. Combien l'intérêt de cette création vient s'accroître quand elle se combine avec celle du tunnel sous-marin! Si les développements entrevus pour cette position commerciale et maritime se réalisent, l'îlot projeté serait destiné à s'agrandir dans l'avenir sur toute l'étendue du plateau sous-marin de Varne dont la superficie est de 4,000 hectares.

Nous indiquons au plan, seulement pour mémoire, les surfaces destinées à des constructions sur les terre-pleins de l'îlot de Varne. La construction de ces bâtiments n'est pas prévue à notre projet qui se borne à livrer la plate-forme de l'îlot toute nue au niveau des quais, et munie de ses parapets à la mer. Ces édifices, qui mériteraient d'être empreints d'un certain caractère architectonique correspondant à leur destination, sont présumés devoir rester à la charge des compagnies d'entrepôt ou d'affrétement qui entreprendront l'exploitation assurément productive de cette position commerciale tout exceptionnelle, avec l'assistance probable des gouvernements.

C'est en vue de l'établissement éventuel de ces grandes compagnies industrielles que nous avons prévu la construction de trois bassins de flot séparés, dans le port de Varne.

Avant de procéder à la construction de l'îlot de Varne, telle qu'elle est indiquée au plan exposé ou avec les modifications que ce plan pourra subir, un appareil provisoire sera

nécessaire pour s'établir solidement au début sur ce plateau central du détroit, de manière à pouvoir commencer le percement préalable des galeries d'axe du tunnel.

Cet appareil provisoire pourrait consister en un vaste cône tronqué, construit en fer avec une double muraille, lequel serait conduit à la remorque sur le Varne et échoué dans l'axe du tunnel projeté.

Le creux existant entre les doubles bordages de fer serait rempli de béton d'une densité égale à deux, l'eau étant un. La vaste cavité centrale en serait également remplie, dans sa partie inférieure, jusqu'à 4 mètres environ en contre-bas du couronnement. On réserverait ainsi dans la zone supérieure du cône un vide nécessaire pour ménager aux travailleurs une plate-forme suffisamment abritée. De cette manière on posséderait provisoirement une île factice creuse, immergée et consolidée d'une seule pièce.

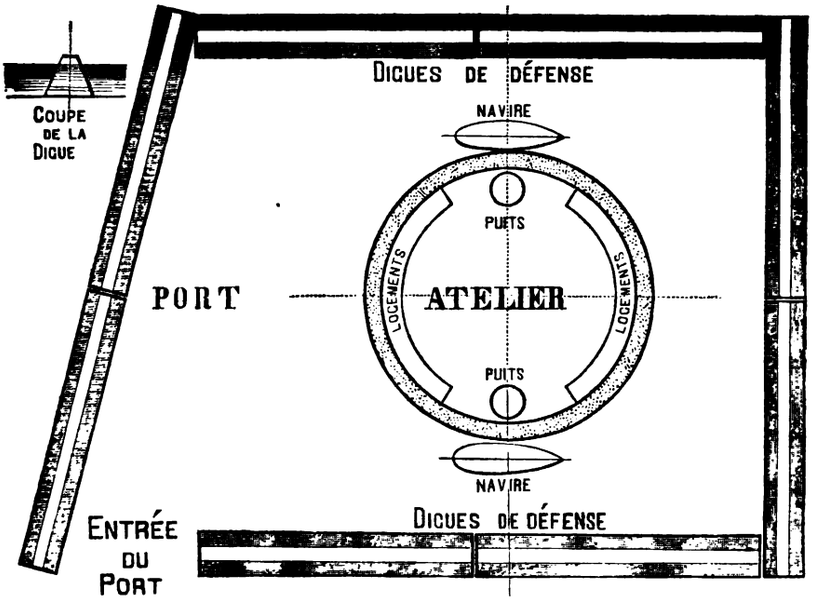
Le couronnement circulaire de ce pâté s'élèverait à plusieurs mètres au-dessus des hautes marées. Dans la plate-forme, de 100 à 150 mètres de diamètre, réservée à l'intérieur du cône, on établirait l'atelier et les logements des ouvriers mineurs. Assurément ces ouvriers se trouveraient, sur cet établissement ferme, infiniment plus à l'aise que les douze pauvres diables, de nous bien connus, tristement réduits à se voir bercés en permanence dans la cale du pharillon flottant de Varne, ancré à ce lieu même, près du banc, et indiqué sur la carte du détroit. Pl. II de l'Atlas.

Dans l'axe de l'atelier seraient foncés deux puits blindés en fonte pour l'attaque des galeries du tunnel, ouvertes dos à dos.

Le pâté provisoire que nous venons de décrire peut être fondé

dans des conditions de solidité suffisantes pour résister à toutes les intempéries, tout aussi bien qu'un grand nombre de citadelles construites en mer. Cependant, comme il s'agit d'établir ici un paisible atelier de travail auquel il importe d'assu-

ATELIER ET PORT PROVISOIRES
sur le plateau de Varne.



rer le plus grand calme, nous pensons qu'il serait convenable de l'entourer d'une seconde enceinte. Cette enceinte serait formée de prismes creux en fer, à section trapézoïde, échoués sous leur plein d'eau à une certaine distance, 50 mètres au moins, de l'îlot de fer.

Ces prismes, d'une longueur de 100 mètres environ, et d'une hauteur égale à leur base (15 mètres au moins), dépasseraient de 2 mètres environ le niveau de la mer. Leur face

supérieure, leur couronnement, conserverait environ 5 mètres de largeur, le tiers de la base et de la hauteur.

Remplis d'eau jusqu'à la plate-forme de leur sommet, ces prismes, presque noyés, constitueraient de solides digues de défense qui recevraient le choc extérieur des lames, et dont la présence produirait autour de l'îlot une véritable ceinte dure calme.

L'espace enclos par ce cordon de digues offrirait un port où les navires affectés au service de l'atelier trouveraient un abri suffisant.

Nous indiquons par une figure l'ensemble du principe de cette disposition.

Cet établissement provisoire sur le Varne permettrait de commencer sans retard l'opération du percement de la galerie d'axe du tunnel et de construire simultanément les murailles définitives de l'îlot, pour utiliser au remblai des terre-pleins les déblais du tunnel au fur et à mesure de l'excavation.

CHAPITRE XVIII.

PROFIL LONGITUDINAL DU TUNNEL.

Nous avons reproduit, dans l'Atlas ci-annexé, la réduction du grand diagramme du tunnel sous-marin à l'échelle de $\frac{1}{5000}$ pour les longueurs et de $\frac{1}{1000}$ pour les hauteurs, qui figure à l'Exposition, sur un développement de 8 mètres, au-dessous des plans du tunnel. Ce profil se trouve réduit à l'échelle de $\frac{1}{10,000}$ sur la planche I de l'Atlas.

Les lignes horizontales de la mer, figurées aux différents profils et aux plans exposés, indiquent *le niveau moyen* des marées. Il nous a paru préférable d'adopter, pour ligne d'établissement du projet, celle du niveau moyen, qui est une constante, au lieu des limites extrêmes des marées qui sont des variables.

L'amplitude des marées dans le détroit étant de 6 mètres sur le littoral de l'Angleterre et de 9 mètres sur le rivage français, il est nécessaire de retrancher des sondes, exprimées aux profils et aux plans, 3 mètres sur les côtes d'Angleterre et $4^{m},50$ sur celles de France pour rapporter ces sondes à celles des cartes marines qui indiquent le niveau des plus basses marées,

Toutes les sondes des plans et profils sont exprimées en mètres.

La plus grande profondeur dans le détroit est de 60 mètres.

Cette profondeur de 60 mètres est constante dans toute la longueur du thalweg du Pas-de-Calais, ainsi que l'indiquent toutes les coupes étudiées. (Voir la planche II de l'Atlas.)

Les points du sol sous-marin, constatés par la sonde ou par la lance, sont reliés dans les profils, non par des droites, mais par la méthode des courbes inverses, adoptée par nous dans les profils orographiques, méthode qui exprime mieux la figure du sol, et dont l'exactitude se vérifie à la fois sur le relief des sédiments diluviens des continents comme sur les arcs des plages maritimes émergentes de formation actuelle.

Le profil du tunnel projeté suit lui-même les grandes inflexions générales qu'affecte le fond de la mer. Il décrit deux dépressions correspondant à celles des deux chenaux du détroit, se relève vers le milieu comme le massif du Varne et vient prendre jour, comme on l'a déjà vu, sur un palier à ciel ouvert, long de 300 mètres, situé dans l'îlot de Varne, au fond d'un vaste cirque, à 45 mètres au-dessous du niveau de la mer. A ses deux extrémités, le profil du tunnel, comme nous l'avons indiqué, aboutit, en Angleterre et en France, au fond de deux tranchées d'accession creusées également à 40 mètres au-dessous du niveau de la mer.

Les deux points extrêmes du tunnel sont reliés au palier central de Varne par des pentes et des rampes assez douces : de $0^m,005$ sur la côte britannique et de $0^m,006$ sur la côte française. Ces inclinaisons inverses sont reliées elles-mêmes sous chaque thalweg du détroit par de longs paliers presque horizontaux, inclinés seulement de $0^m,001$, pour l'égouttement des eaux adventices.

En résumé, les inclinaisons proposées pour le tunnel, ainsi

réparties, équivalent presque à de l'horizontalité dans l'exploitation. On peut en juger par le profil établi à l'échelle commune de $\frac{1}{5000}$ pour les hauteurs et les longueurs, que nous avons placé, dans ce but, au-dessous du grand diagramme exposé.

Voici le tableau de toutes ces inclinaisons, à partir de l'origine du tunnel dans la tranchée anglaise.

Pente de 0m005 par mètre, sur une longueur de.	4,500 mèt.
Pente de 0m001.5. . —	1,000 —
Rampe de 0m001.2. . —	8,215 —
Rampe de 0m002.5. . —	400 —
Rampe de 0m003.8. . —	1,300 —
Palier de Varne. . . —	300 —
Pente de 0m005.1. . —	7,225 —
Pente de 0m003. . . —	2,000 —
Pente de 0m001. . . —	2,100 —
Rampe de 0m004. . . —	2,000 —
Rampe de 0m006.4. . —	7,000 —
Longueur totale	36,040 mètres.

En vue de rapprocher le plus possible le profil du tunnel des conditions de l'horizontalité pour l'exploitation, et pour en faciliter l'accès, nous avons évité de l'enfoncer à de trop grandes profondeurs dans le sol sous-marin.

S'il résultait des expériences fournies par des forages préalables, exécutés sur les côtes et sur le plateau de Varne, que notre profil se trouvât trop rapproché du fond de la mer et fût plus exposé par là à des venues d'eau, rien n'empêcherait d'enfoncer tout le système plus profondément dans le sol sous-marin, sauf à modifier aussi les voies d'accession dans une mesure correspondant à cet abaissement.

CHAPITRE XIX.

COUPE TRANSVERSALE DU TUNNEL.

La planche V de l'Exposition présente la coupe transversale du tunnel sous-marin reproduite sur la planche III de l'Atlas.

La coupe du tunnel affectait la forme annulaire dans le précédent projet de 1856. Cette disposition normale était commandée par le même calcul d'excessive circonspection dont nous avions cru nécessaire d'entourer les éléments de ce premier projet par les motifs déjà indiqués. Dans le plan actuel, la voûte du tunnel est un plein cintre sur pied-droit, fondé sur un lit de béton hydraulique et construit dans les dimensions des tunnels ordinaires : 9 mètres de largeur au pied-droit et 7 mètres de hauteur sur rails; proportions que nous serions très-porté, si ce n'était la dépense, à amplifier encore.

Nous avions précédemment proposé de construire le tunnel en moellons appareillés de calcaire carbonifère provenant des carrières du Haut-Banc, près Elinghen. Mais nous croyons actuellement préférable d'employer des briques du plus faible échantillon, fabriquées spécialement pour cette destination en argile réfractaire cuite à blanc et analogues aux petites briques hollandaises, dites klincarts de Boom, usitées dans les Pays-Bas pour le pavage des rues; si toutefois on ne préfère le béton Coignet ou tout autre béton à base de Portland.

Le chemin de fer sous-marin consiste en une double voie ordinaire assemblée par des traverses posées sur ballast.

Des trottoirs en banquette, larges d'un mètre, pour la circulation des piétons, règnent de chaque côté du tunnel. Ces banquettes recouvrent des couloirs clos, utilisables pour l'égouttement des eaux adventices et, au besoin, comme conduites de ventilation.

Un conducteur de travaux, M. Austin, employé chez MM. Peto et Brassey, entrepreneurs anglais, avait conseillé, par analogie avec le petit tunnel de la Tamise, d'établir non-seulement deux, mais trois voûtes distinctes, de section ovale, pour desservir séparément les trains express, les trains ordinaires et ceux des marchandises. Nous avons depuis longtemps démontré, d'après l'expérience du mouvement sur les lignes de banlieue, qu'une double voie sous une voûte unique, pourvue de vastes paliers d'accession, suffisait amplement au mouvement des trains de toutes sortes, si grand qu'il fût. Cependant nous ne trouverions pas superflu, comme nous l'avons prévu dans nos précédents Mémoires, pour le cas peu probable où un seul tunnel deviendrait insuffisant dans un avenir prochain, de laisser sur un des côtés du tunnel un certain nombre de baies murées par lesquelles on pourrait entreprendre plus tard le percement très-facile alors d'une seconde voûte parallèle.

CHAPITRE XX.

GALERIES D'ASSAINISSEMENT.

Ainsi que nous l'avons indiqué dans le précédent chapitre, et sur le diagramme exposé, reproduit à la planche I de l'Atlas, le profil longitudinal du tunnel sous-marin décrit dans son parcours deux inflexions correspondant aux dépressions des deux thalwegs distincts du détroit.

C'est du point inférieur de chacune de ces inflexions que les galeries d'assainissement sont dirigées de chaque côté du détroit sous une inclinaison suffisante pour l'égouttement des eaux adventices du tunnel, soit pendant le percement, soit ultérieurement pendant l'exploitation. L'égouttement de ces galeries est recueilli dans de vastes citernes situées hors du tunnel, sous les paliers des deux tranchées d'accession.

La coupe en travers figurée sur la planche V de notre exposition et à la planche III de l'Atlas, indique les dimensions de ces conduites, larges de 2 mètres, hautes de 2 mètres sous clef, et munies d'un trottoir contigu à l'égout, pour faciliter la circulation. Ces proportions pourraient, à notre avis, être encore utilement augmentées.

Le développement linéaire des conduites d'assainissement est :

Du côté de l'Angleterre, de.	5,560 mèt.	longueur.
Du côté de la France, de.	9,130 —	—
Longueur totale.	14,690 mèt.	

Dans l'ordre du percement, le foncement de ces deux galeries, devant précéder celui des galeries d'axe du tunnel, contribuera déjà notablement à éclairer sur la nature des difficultés qu'il faut s'attendre à rencontrer dans la traversée du sol sous-marin.

CHAPITRE XXI.

CITERNES D'ÉGOUT.

Les citernes d'égout sont au nombre de cinq. Elles sont indiquées au profil et dans les amorces de ce profil sur la planche III de l'Atlas.

Deux de ces citernes, ainsi que nous venons de le dire, servent à l'égouttement des galeries d'assainissement du tunnel, et sont situées sous les paliers des tranchées d'accession.

Deux autres citernes, établies immédiatement au-dessus de celles-là, et desservies par des puits accolés, reçoivent l'égouttement des grandes tranchées d'accession.

Enfin, une cinquième sert à l'assainissement du palier de Varne.

Ces citernes sont de grandes cavités cylindriques, de dimensions variables, correspondant aux besoins prévus du service, et dont l'épuisement s'effectue par des machines élévatoires, hydrauliques ou à vapeur, placées aux deux extrémités et au centre du tunnel.

CHAPITRE XXII.

AÉRAGE DU TUNNEL ET DES GALERIES.

Les personnes peu familières avec l'exploitation des mines s'effrayent naturellement de la difficulté qu'il pourrait y avoir pour renouveler l'air dans un aussi long tunnel. Elles ne se rendent pas suffisamment compte de la facilité avec laquelle on fait circuler l'air avec un seul puits d'appel dans les réseaux profonds de galeries de mines très-enchevêtrées et offrant parfois une étendue totale bien supérieure à celle du tunnel projeté.

Nous nous sommes expliqué déjà à ce sujet dans nos précédents mémoires. Ainsi que nous l'avons indiqué, l'aération du tunnel sera entretenue par voie d'appel ou d'insufflation et, au besoin, par ces deux moyens combinés, mais de préférence par le premier.

La méthode la plus simple, selon nous, pour assurer un circuit régulier d'aérage pendant la durée du percement, consisterait à murailler la galerie d'axe, à mesure de son avancement, par une cloison centrale sur l'axe même, cloison séparant l'ouvrage en deux boyaux distincts.

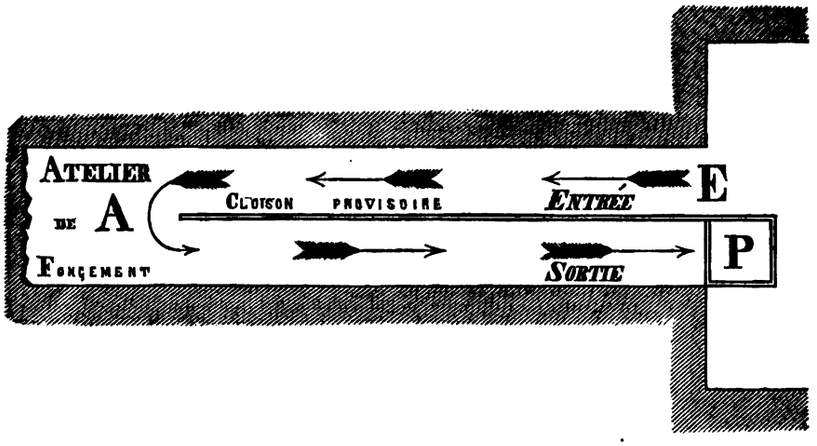
La ventilation opérée directement par la galerie même paraît de beaucoup préférable à celle qui serait effectuée par des conduites métalliques de diamètre réduit, ainsi que plusieurs personnes l'ont proposé. En élargissant les voies de

propagation, on amoindrit l'obstacle des frottements, qui croît au contraire avec intensité par l'adoption de conduites spéciales de section restreinte, pour la transmission du fluide aérien dans un long parcours.

Le croquis ci-dessous donnera aux personnes qui ne sont pas versées dans les travaux des mines une idée de cette disposition d'appel en retour.

PLAN

D'UNE GALERIE DE MINE CLOISONNÉE
pour la Ventilation par Appel en retour.



Ce système d'appel en retour, tout à fait élémentaire et quelquefois usité, permettrait d'obtenir un circuit de ventilation par un puits d'appel P situé au-dessus du boyau de sortie de la galerie.

L'air extérieur, entrant par la porte ouverte E, s'engagerait dans le boyau d'entrée, tournerait à l'extrémité de la cloison, c'est-à-dire sur l'atelier A occupé par les mineurs, pour s'écouler dans le boyau de sortie, attiré par le puits d'appel P

établi au-dessus de la porte de sortie. Cette porte, constamment fermée, ne s'ouvrirait que par moments pour livrer passage aux wagonets de déblai.

La largeur de la galerie d'axe ne pourrait être inférieure à 3 mètres, vu la nécessité d'établir un va-et-vient pour les trains de déblai. En sorte que, déduction faite de 20 centimètres pour l'épaisseur de la cloison, la galerie se trouverait divisée en deux demi-boyaux, larges chacun de $1^{m},40$, dimension tout juste suffisante pour une file de wagonets de 75 centimètres et le passage des piétons. Dans un ouvrage de cette nature, il y aurait, selon nous, tout intérêt à augmenter cette largeur de la galerie, en vue d'une plus grande aisance dans l'agencement des blindages, dans les travaux de mine et l'émission des matériaux.

En effet, dans une longue galerie souterraine, c'est un grand désavantage d'opérer sur un front d'avancement de section trop réduite. En limitant à l'excès la largeur de la galerie, en vue de diminuer les dépenses d'excavation, on arriverait assurément au résultat inverse. Le prix du travail effectué se trouverait, à cause de la difficulté des manœuvres, plus coûteux peut-être que si l'on eût opéré sur un front d'attaque plus développé, offrant plus d'aisance pour toutes les opérations de mine et surtout pour le plus important des services, le transport des déblais. Tous les mineurs seront de cet avis. C'est par ce motif, fondé sur l'expérience, que nous inclinons pour l'élargissement de la galerie d'avancement au delà des proportions ci-dessus indiquées, et même jusqu'à 4 mètres.

Après le percement de part en part de la galerie d'axe comme après l'achèvement du tunnel, la ventilation se réduirait à une simple opération hygiénique pour entraîner, par

voie d'appel, les gaz insalubres qui pourront être introduits dans le tunnel si l'aération ne s'établit pas naturellement avec une intensité suffisante; question problématique qui ne peut se préjuger avec précision par analogie et dont l'expérience seule pourra donner exactement la solution *à posteriori*. Alors seulement la mesure des besoins de ventilation étant connue, il pourra être avisé à des moyens d'aérage correspondant à ces besoins.

Alors aussi on pourra adopter les procédés de traction les mieux appropriés à l'exploitation. Bien que les prévisions soient établies en vue de la remorque pure et simple par la vapeur, avec des chaudières ordinaires, on devra rechercher naturellement les engins les moins productifs de gaz insalubres[1]. Si l'on persistait à vouloir employer la vapeur, on

1. Il ne faudrait pas trop s'exagérer les effets produits sous le tunnel par les gaz de la combustion. A l'époque de l'établissement des voies ferrées, nous dûmes, en notre qualité de conseil de plusieurs Compagnies de navigation intérieure, nous préoccuper de mettre de la vapeur sur les canaux et les rivières navigables. A cette occasion, nous fîmes des expériences réitérées et très-précises dans le tunnel le plus long qui soit en France, celui de Riqueval, situé au faîte du canal de Saint-Quentin. On craignait beaucoup que la fumée et les gaz ne fussent un obstacle sous ce tunnel, long de 5,700 mètres, un peu moins du tiers de la longueur du tunnel sous-marin dans sa plus grande section (20 kilomètres). Cette crainte cessa devant le plus solide des arguments, celui de l'expérience. Nous engageâmes par un temps calme trois bateaux à vapeur marchant à la file, alimentés par du charbon gras de Mons, celui qui fournit le plus de gaz. Ces bateaux produisaient sous la voûte, à raison de la lenteur de la marche, infiniment plus de gaz que trois locomotives. Vingt-cinq minutes après le passage des bateaux, la fumée n'était pas entièrement dissipée, mais les gaz n'incommodaient plus, bien que ces trois bateaux eussent constamment chauffé pendant la traversée du souterrain qui dura quarante-huit minutes, à la vitesse de 8 kilomètres à l'heure. Dans d'autres expériences renouvelées avec du charbon maigre de Charleroi, la fumée était infiniment moindre et nulle avec le coke. Rien ne serait plus facile que d'établir, pour la traversée du tunnel, des locomotives marchant à l'aide d'une provision d'air comprimé par des pom-

pourrait l'obtenir avec des foyers fumivores. Pour cette exploitation, on n'aura que le choix des moyens, et il nous paraît dès lors, sinon superflu, du moins prématuré de s'étendre longuement sur ce sujet dans ce simple exposé.

On ne doit pas perdre de vue, quand on examine la triple question du percement du tunnel, de son aérage et de son exploitation, que les difficultés pouvant résulter de sa longueur ne s'appliquent pas à une distance de 36 kilomètres, mais à 20 kilomètres seulement, longueur effective de la plus grande section du tunnel sous-marin.

pes hydrauliques et emmagasiné dans des réservoirs mobiles adaptés sur des tenders. Depuis plus de quinze ans nous avons expérimenté ce procédé, qui paraît mûr pour l'application.

CHAPITRE XXIII.

DÉPENSES D'EXÉCUTION.

Longueur de la voie sous-marine. . . .	36 kil.
— *des voies extrêmes d'accession.*	9 —
Longueur totale de l'œuvre.	45 kil.

Les dépenses prévues en 1856 pour notre précédent projet de tunnel montaient à 170,000,000 de fr. Les prévisions pour le présent projet en diffèrent peu et s'élèvent à 180,000,000 de fr.

Elles sont accrues au chapitre des voies d'accession, attendu que les profondes tranchées muraillées du tunnel, construites en contre-bas du niveau de la mer, sont plus coûteuses que les anciens souterrains d'approche de notre ancien projet de 1856. Nous avons cru devoir supprimer aussi l'achat d'un matériel d'exploitation, dans la pensée que le tunnel sous-marin pouvait être desservi par le matériel roulant des compagnies voisines.

Dans notre devis, les tranchées d'accession ne sont prévues que jusqu'à la distance de 4,500 mètres de chaque côté du tunnel. Mais, ainsi que nous l'avons fait remarquer au chapitre XVI, nous pensons qu'il serait désirable de les allonger jusqu'à 7,000 mètres, en vue d'adoucir les rampes d'accession. Dans ce cas, le développement réuni de ces deux rampes extrêmes d'accession, y compris leurs paliers, aurait 14 kilomètres au lieu de 9, et la longueur totale de l'œuvre serait de 50 kilomètres.

A partir du point où la plate-forme de ces tranchées arrive à l'altitude du niveau de la mer, le raccordement, très-court d'ailleurs, de ces tranchées avec les voies ferrées voisines, est présumé devoir être fait par les compagnies de ces chemins de fer.

Nous n'avons pas prévu non plus les sommes éventuelles, applicables aux intérêts, aux exigences financières, etc. En sorte que, tout compte fait, il paraît assez présumable que l'ensemble des dépenses prévues et non prévues pourrait s'élever au chiffre de deux cents millions de francs et peut-être même un peu au delà.

Voici l'état sommaire des dépenses portées au projet :

FRAIS DE CONSTRUCTION DU TUNNEL SOUS-MARIN

PAR MÈTRE COURANT

Fouille et déblai des galeries d'axe et pour l'élargissement du tunnel jusqu'à l'extrados, y compris les bois et blindages : 120 mètres cubes à 12 francs. . .	1,440 fr.
Maçonnerie, y compris le radier en béton : 40 mètres cubes à 33 francs.	1,320 —
Trottoirs, conduites latérales et conduites de gaz.	200 —
Pose de la double voie, matériaux et main-d'œuvre	140 —
Total par mètre courant.	3,100 fr.

Ce prix de 3,100 francs, appliqué à une longueur de 36,000 mèt., porte les dépenses de construction du tunnel sous-marin proprement dit à la somme de 111,600,000 fr.

GALERIES D'ASSAINISSEMENT

Développement total : 15,000 mètres. Fouille, déblai et construction, à 700 fr. le mètre courant. . . . . 10,500,000 fr.

VOIES D'ACCESSION

TERRASSEMENTS

Largeur de la plate-forme de la voie	30 mèt.	
Id. en haut de la tranchée.	50 —	
Largeur moyenne.	40 mèt.	
×Hauteur moyenne	50 —	
Volume par mètre courant. . .	2,000^{m3}	
×Longueur du palier d'entrée.	500 mèt.	
Déblai de la tranchée du palier.		1,000,000^{m3}
A reporter.		1,000,000^{m3}

Report.		1,000,000^{m3}	
Partie inclinée de la tranchée :			
Hauteur moyenne	20 mèt.		
×Largeur moyenne	15 —		
Déblai par mèt. courant . .	300^{m3}		
×Longueur.	4,000 mèt.		
Déblai de la tranchée inclinée.	1,200,000^{m3}.	1,200,000^{m3}	
Déblai de la tranchée anglaise		2,200,000^{m3}	
Autant pour la tranchée française		2,200,000^{m3}	
Déblai total des deux tranchées d'accession.		4,400,000^{m3}	à 1 fr. 50 c.=6,600,000 fr.

MAÇONNERIE ET BÉTON

Tranchée anglaise. — Palier d'entrée.			
Hauteur des murailles. . . .	40 mèt.		
×Épaisseur moyenne	1^{m},50		
Volume de la maçonnérie, par mètre courant	60^{m3}		
Autant pour l'autre face . . .	60—		
Maçonnerie des murailles du palier d'entrée, par mèt. courant	120^{m3}		
×Longueur du palier	500 mèt.		
Cube total des deux murailles.	60,000^{m3}		
Maçonnerie du front d'entrée du tunnel.	6,000^{m3}		
Plate-forme du palier.			
Larg. 30^{m}×long. 50^{m}=15,000^{m}, × 1 mètre d'épaisseur, soit. .	15,000^{m3}		
Total de la maçonnerie et du béton de la tranchée du palier d'entrée	81,000^{m3}. . .	81,000^{m3}	
Partie inclinée de la tranchée.			
Haut^{r} moyenne des murailles.	20 mèt.		
× Épaisseur moyenne	1^{m},20		
Volume de la maçonnerie par mèt. courant.	24^{m3}		
Autant pour l'autre face. . . .	24—		
Maçonnerie des murailles de			
A reporter.		81,000^{m3}	6,600,000 fr.

Report		81,000^{m3}	6,600,000 fr.
la tranchée inclinée, par mètre courant	48^{m3}		
×Longueur de la tranchée inclinée	4,000 mèt.		
Cube total des deux murailles.	192,000^{m3}		
Plate-forme inclinée.			
Largeur 10^{m}×longueur 4,000^{m} =40,000^{m}, ×0^{m},75 d'épaisseur	30,000^{m3}		
Maçonnerie de la tranchée inclinée.	222,000^{m3}. .	222,000^{m3}	
Total de la maçonnerie et béton de la tranchée anglaise		303,000^{m3}	
Autant pour la tranchée française.		303,000^{m3}	
Total pour la maçonnerie et béton des deux tranchées d'accession		606,000^{m3} à 20 fr.=	12,120,000 fr.
Voie ferrée : Pose de 9,000 mètres de voie ferrée double sur les deux tranchées d'accession, matériaux et main-d'œuvre, à 140 fr. le mètre, garages compris			1,260,000 —
Total des dépenses pour les deux tranchées d'accession			19,980,000 fr.

ÉRECTION DE L'ILOT DE VARNE

MAÇONNERIE

Murailles extérieures.			
Hauteur moyenne	13 mèt.		
×Épaisseur moyenne.	2 —		
Volume par mètre courant . .	26^{m3}		
×Développement des murs. .	3,600 mèt.		
Volume total	83,000^{m3}. . . .	à 30 fr.	2,490,000 fr.
Murailles intérieures.			
Hauteur moyenne.	13 mèt.		
×Épaisseur moyenne.	1^{m},50		
Volume par mètre courant. .	20^{m3}		
× Développement des murs.	4,000 mèt.		
Volume total	80,000^{m3}. . . .	à 30 fr.	2,400,000 fr.
Plate-forme des terre-pleins de l'îlot.			
Surf. : 300,000^{m}, ×0^{m}30^{c} d'épaiss^{r}=90,000^{m3} de béton, à 20 fr.			1,800,000 fr.
Construction de deux écluses marines en fer pour l'entrée du bassin de flot du port de Varne.			1,800,000 fr.
		A reporter. . . .	8,490,000 fr.

Report. . . . . 8,490,000 fr.

CIRQUE DU PALIER D'ACCESSION DE VARNE.

L'excavation du cirque (voy. chap. XVII) présente un volume de 2,560,000^{m3} en déblai, à 2 fr. le mèt. . . . . 5,120,000 fr.

Maçonnerie du cirque en béton.

Hautr, y compris la fondation.	48 mèt.
×Épaisseur moyenne des murailles du cirque.	3 —
Volume par mètre courant. .	144^{m3}
×Circonférence développée .	1,200 mèt.
Volume des murailles du cirque	172,800^{m3}

Plate-forme du palier circulaire de Varne.

Surf. : 60,000^{m}×épaisseur du béton 1^{m}=	60,000^{m3}

Maçonnerie et béton du cirque. 232,800^{m3}. . . . à 20 fr. . . . . 4,656,000 fr.

Le remblai de l'îlot de Varne, évalué à 4,480,000 mètres cubes (voy. chap. XVII), est fourni par les déblais du cirque et du tunnel sous-marin, et sa dépense est comprise dans celle des déblais de ces ouvrages.

Voie ferrée : Pose de 4,000 mètres de voie double au cirque de Varne, à 140 fr. le mètre, matériaux et main-d'œuvre. . 560,000 fr.
Pose de 1,000 mètres de voie simple sur les terre-pleins de l'île, à 80 fr. . . . . 80,000 fr. } 640,000 fr.

Total des dépenses de maçonnerie, excavation et pose des voies prévues pour l'îlot de Varne. . . . . 18,906.000 fr.

CITERNES. Construction de cinq citernes d'égout, y compris leurs puits, pour l'assainissement du tunnel et des voies d'accession, à 300,000 francs l'une . . . . . 1,500,000 fr.

BATIMENTS D'EXPLOITATION, magasins, logements et matériel accessoire (le matériel des travaux étant prévu à la charge des entrepreneurs, est compris dans le prix des ouvrages). . . . . 3,000,000 fr.

APPAREILS et matériel fixe pour l'aérage du tunnel et pour les épuisements . . . . . 2,514,000 fr.

FRAIS GÉNÉRAUX et faux frais pendant huit ans . . . . . 12,000,000 fr.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL

DES DÉPENSES CI-DESSUS PRÉVUES

Fouille et construction du tunnel sous-marin		111 600,000 fr.
Galeries d'assainissement		10,500,000 —
Voies d'accession.	Tranchées. . . 19,980,000 fr. Ilot de Varne. 18,906,000 —	38,886,000 —
Construction des cinq citernes d'égout		1,500,000 —
Bâtiments d'exploitation, magasins, etc.		3,000,000 —
Appareils d'aérage et d'épuisement		2,514,000 —
Frais généraux pendant huit ans		12,000,000 —
Total des dépenses prévues		180,000,000 fr.

Cette dépense présumée qui pourra s'accroître, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, par suite des exigences financières et des éventualités, correspond déjà à 4 millions de francs par kilomètre ou 4,000 francs par mètre courant, pour la création du tunnel sous-marin dont la longueur, ajoutée à celle de ses voies d'accession, est de 45 kilomètres. C'est à peu près trois fois le prix des tunnels ordinaires des chemins de fer.

Si l'on déduisait du chiffre total de 180 millions de francs les 39 millions afférents aux voies d'accession, il ne resterait plus effectivement que 141 millions applicables à la partie sous-marine du tunnel, longue de 36 kilomètres. Dans ce cas, la dépense spéciale du souterrain serait toujours de 4,000 francs par mètre courant. On ne saurait admettre qu'elle puisse dépasser 5,000 francs par mètre courant, en tenant compte de toutes les éventualités et des amplifications dont nous avons exprimé la convenance, même au cas où l'on porterait la longueur totale de l'œuvre à 50 kilomètres au lieu de 45, en allongeant les voies d'accession, en vue d'un abaissement d'inclinaison qui nous paraît désirable.

L'ensemble du présent projet comprend un travail d'excavation de 11,200,000 mètres en déblai, dont 4,200,000 mètres pour le tunnel et 7,000,000 de mètres pour les voies d'accession.

Les ouvrages de maçonnerie et béton consistent en 2,500,000 mètres cubes, dont 1,400,000 pour le tunnel et 1,100,000 pour ses voies d'accession.

Il convient de reproduire ici, dans un tableau comparatif, les dépenses prévues aux six différents projets que nous avons élaborés pour la jonction de l'Angleterre au continent, et rappelés dans ce Mémoire.

1834. — Tunnel immergé au fond de la mer. . .	460,000,000	fr.
1836. — Pont sur le détroit.	4,000,000,000	—
1837. — Bac flottant sur le détroit	230,000,000	—
1840. — Isthme de Douvres.	840,000,000	—
1856. — Tunnel sous-marin (voie souterraine).	170,000,000	—
1866. — Tunnel sous-marin (voie souterraine).	180,000,000	—

Après avoir évalué les dépenses entrevues pour l'exécution du Tunnel sous-marin; il peut être intéressant d'apprécier, en regard de ces dépenses, quel pourrait être le revenu probable d'une pareille entreprise.

On trouvera l'état des recettes probables à la fin de la Note de l'Appendice, qui résume l'étude commerciale faite pour cette appréciation.

Cette étude commerciale repose sur la statistique officielle de la Compagnie du chemin de fer du Nord, résumant le mouvement annuel des gares maritimes du détroit pendant treize années. Émanant d'une telle source, contrôlée par l'État, ce document présente toutes les garanties d'authenticité.

CHAPITRE XXIV.

FORCES HYDRAULIQUES APPLICABLES AU PERCEMENT DU TUNNEL.

Les procédés mécaniques actuellement usités permettent d'obtenir un avancement assez rapide dans le foncement des galeries souterraines.

En utilisant la pression fournie par le mouvement vertical des marées à la transmission de forces suffisantes pour le percement du tunnel, il paraît possible d'appliquer ici, pour l'abatage des déblais, la puissance mécanique de l'*homme de fer* (iron man) des mineurs anglais, à l'exclusion de la poudre.

Il serait en effet regrettable, pour effectuer un travail d'excavation sur des plans partout inférieurs au niveau de l'Océan, de négliger l'application de la force immense, inépuisable des marées, jusqu'à ce jour trop méconnue et à peine essayée dans des tentatives restées à l'état d'ébauche sur quelques estuaires de l'Océan. La Providence nous tient en réserve ce nouveau secours pour un avenir où il deviendra nécessaire à l'industrie, qui dévore imprudemment aujourd'hui nos ressources de combustibles en négligeant la plus puissante de toutes les forces que la nature ait placées à perpétuité sous la main de l'homme.

Nous pouvons compter pour cette évolution industrielle sur la sagacité des ingénieurs anglais, les plus intéressés, sous

tous les rapports, dans cette application. Ce serait en réalité une bien précieuse conquête et un utile exemple que de pouvoir faire creuser le tunnel sous-marin par la mer elle-même.

On conçoit aisément que la pression du liquide, transmise par des conduites métalliques jusqu'à l'atelier de mine, pût être, de préférence à la vapeur, utilisée comme moteur des appareils disposés pour le percement du tunnel. Les volumes d'eau dépensés dans cette opération, après avoir traversé des turbines motrices placées dans l'atelier de mine, s'écouleraient par les galeries d'assainissement vers les citernes d'égout situées sous les tranchées d'accession. De ce point les eaux seraient enlevées et rejetées dans la mer par les machines élévatoires, mues elles-mêmes par la force presque gratuite de chutes d'eau ménagées à la marée haute dans des bassins de retenue.

Tel serait en principe le cycle fécond qu'il nous paraît dès à présent possible de faire parcourir à l'eau de mer, appliquée comme le moteur le plus puissant, le plus docile, le plus salubre et le plus économique pour effectuer le percement du tunnel sous-marin. On peut également entrevoir la possibilité d'employer plus tard dans une certaine mesure cette même force, soit directement, soit à la compression de l'air dans des récipients mobiles pour la propulsion des trains dans la traversée du tunnel.

CHAPITRE XXV.

DURÉE PRÉSUMABLE DES TRAVAUX.

Pour estimer la durée probable du percement du tunnel sous-marin, il importe de calculer celle de la plus longue section à traverser. On a pu voir, au chapitre du *Tracé* et à celui des *Voies d'accession,* que les deux galeries de mine allant à la rencontre entre l'île de Varne et la France auraient ensemble 20 kilomètres, soit pour une seule galerie 10 kilomètres.

C'est donc sur une longueur maxima de 10,000 mètres (6 milles anglais) qu'il faut, ainsi que nous l'avons déjà établi, baser les calculs pour la durée d'exécution du tunnel sous-marin.

Un temps de six mois est prévu pour préparer les travaux et foncer les puits d'attaque des galeries d'axe, soit.	6 mois.
Le percement de la galerie de 10,000 mètres, en tenant compte de la ténacité moyenne des divers terrains, est présumé pouvoir avancer à raison de 0m,50c linéaires par heure, ou 12 mètres par jour de 24 heures, et 4,000 mètres par an. Dans ces conditions, le percement de la plus longue galerie de 10,000 mètres exigerait une durée de 2 ans et demi, ci. . . .	30 mois.
Durée totale du percement des galeries d'axe	36 mois
ou trois années : ci.	3 années.
L'élargissement de la fouille du tunnel jusqu'à l'extrados, le muraillement de la voûte et la pose de la voie ferrée, n'exigeraient pas moins de cinq années, ci.	5 années.
Total pour l'achèvement des travaux.	8 années.
Latitude pour mécomptes et retards	2 années.
Durée maxima à prévoir	10 années.

Ainsi la durée de la création du tunnel peut être évaluée au minimum de huit ans et au maximum de dix ans, en attaquant le travail à la fois par les deux extrémités et par le centre.

D'après le même calcul, cette durée serait à peu près doublée et varierait de seize à vingt ans, si l'ouvrage n'était entrepris que par les deux extrémités seulement.

Dans cette hypothèse qui ne saurait être raisonnablement admise, le chiffre de la dépense prévue devrait être aussi à peu près doublé, à cause de la charge des intérêts croissant avec les années.

Cette considération, s'ajoutant à la sécurité non moins déterminante de percer le tunnel au-dessous des puissantes couches protectrices d'argile jurassique, a été décisive pour nous engager à proposer de préférence le tracé de Folkestone au cap Grinez par l'île de Varne.

En résumé, cette ligne présente, sur toutes celles que nous avons étudiées, l'heureuse coïncidence des cinq avantages suivants :

1° La voie la plus courte de Londres à Paris;
2° Une accession maritime directe;
3° La plus grande sécurité dans l'exécution;
4° Le plus prompt achèvement;
5° La moindre dépense.

CHAPITRE XXVI.

CONCLUSION.

Nous nous bornons à reproduire exactement ici la conclusion de notre Mémoire de 1856 :

« Nous avons poussé ces études jusqu'à la limite de nos « forces personnelles. Leur continuation exigerait désormais « des dépenses excédant les efforts d'une seule personne. « Leur Auteur a successivement égrené pour ce travail, dans « l'espace de trente-cinq années, un ensemble de ressources « qui, réunies, eussent représenté une honnête fortune, et « que tant d'autres consomment pour la satisfaction de sté- « riles plaisirs. »

« Si dans le cours de cette étude nous avons commis des « erreurs, la vérification matérielle, au moyen d'une explo- « ration souterraine, pourra seule les redresser, en indiquant « avec précision dans quelle zone il convient de lancer l'œu- « vre du Tunnel sous-marin, à travers le massif submergé. « Toute dissertation nouvelle sur ce sujet pourrait paraître « superflue. L'instant d'agir est venu : L'expérience seule peut « désormais prononcer. »

« Il faut actuellement que ce travail soit repris par des in- « telligences collectives, très-versées dans la physiologie des « roches et dans l'exploitation des gîtes souterrains. Il faut « plus, nous le répétons. Il faut l'assistance que peuvent seuls « fournir les budgets de deux grandes nations. »

APPENDICE

APPENDICE.

NOTE I.

VISITE AU FOND DE LA MER POUR CONSTATER LE TERRAIN DE FORMATION WEALDIENNE (WEALD CLAY).

Un certain nombre de personnes, auxquelles j'ai communiqué le récit de cette exploration au fond du détroit, m'ont engagé à le publier, comme renfermant diverses observations pouvant offrir quelque intérêt.

Après avoir vérifié la nature du terrain des bancs situés au milieu du détroit, l'établissement du diagramme entre ce point et le rivage français devenait assez facile. Mais il restait à combler une lacune dans le petit chenal qui sépare ces bancs de la côte anglaise. La sonde et la lance, mouillées par des profondeurs de trente mètres, dans le milieu de cet espace, ramenaient des empreintes d'une terre bleuâtre, désignée sous le nom de *vase noire* par les hydrographes, mais qu'à son aspect savonneux j'avais reconnue pour une argile.

Quelle pouvait être cette argile dont le gisement était évidemment inférieur à celui des argiles de la craie glauconieuse, apparentes sur le rivage anglais? Pour reconnaître ce terrain avec précision, il fallait à tout prix s'en procurer des extraits assez gros pour en caractériser la nature, à défaut de quoi le diagramme géologique ne pouvait être complet.

Pressé de faire cette vérification, je résolus d'aller cueillir

des échantillons de cette argile et me fis descendre au fond du chenal avec l'appareil de plongeur de M. Siebe, qui n'avait pas alors reçu les perfectionnements qui lui furent ajoutés plus tard. Aussi, à peine eus-je atteint le fond de la mer que je me sentis suffoquer dans ce linceul imperméable, et tirai vivement le filin de détresse. Mes hommes me ramenèrent en syncope, pendant un temps qu'ils me déclarèrent avoir été très-court. Dans cet instant suprême, qui dura tout au plus plusieurs minutes, où je perdis toute faculté de mouvement, mon esprit subit une évolution de pensées et d'impressions, dont le récit eût exigé plus d'un volume.

Dans ce singulier tombeau, une évocation précise de ma vie passée et, peut-être, quelques intuitions de l'avenir défilèrent devant moi, avec le cortége de toutes les personnes vivantes ou mortes qui m'avaient été chères : mon père, mort depuis trente ans, ma vieille mère, mes frères, ma femme, mes enfants, des amis désolés autour d'un lit où moi-même je reposais mort! Tout cela entrecoupé de visions fantastiques, d'êtres imaginaires d'une variété et d'une bizarrerie incroyables, se succédant avec un ordre imposant et une ravissante harmonie.

Singulier instrument que notre cerveau! Quelle puissance d'évocation et d'invocation! Quelle faculté magique possède notre âme de condenser une masse énorme de temps et de faits dans un aussi court instant! Quel mirage vraiment sublime[1]!

1. J'avais déjà eu, dans mon enfance, un avant-goût de sensations analogues, à l'âge de huit ans. En jouant avec mes frères et sœurs et d'autres enfants, je disparus sous la glace d'un bassin dans le jardin de mon père. Pendant le très-court passage à l'asphyxie, j'entendis distinctement à travers la glace un de mes jeunes cousins rire aux éclats de ma disparition qu'il trouvait bien drôle! Heureusement une de mes sœurs qui n'avait que trois ans de plus que moi, me ressaisit et me sauva en me tirant hors de l'eau. Mais j'avais éprouvé durant un instant l'impression rapide des plus brillantes féeries.

Après cet échec, peu soucieux de m'exposer encore à être enseveli vivant dans un scaphandre, mais obstiné dans mon ardeur pour détacher un lambeau de cette terre sous-marine, je me décidai à plonger nu jusqu'au fond du chenal.

Je m'essayai plusieurs fois à plonger du haut du tillac du navire, pour connaître à quelle profondeur je pouvais descendre sous l'impulsion de mon propre élan. Je ne pus parvenir à mouiller plus de cinq à six mètres de filin, comme limite extrême, et je compris qu'il fallait m'aider d'un certain lest pour descendre au delà.

Je fis d'abord des essais, par des fonds de 15 mètres, hauteur d'une maison à cinq étages, égale à la moitié seulement de la profondeur où je devais descendre. Je plongeai avec un sac de galets dans chaque main. Descendu ainsi la tête en avant, je heurtai bientôt le fond de la mer avec mes deux sacs de lest et restai les jambes en haut sans pouvoir me retourner. Je lâchai tout pour remonter au plus tôt à la surface.

Je compris que pour me maintenir debout et conserver la liberté de mes bras, il fallait lester fortement les jambes. Dans ce premier essai, répété plusieurs fois, j'avais employé six secondes pour descendre à quinze mètres, et huit secondes pour remonter.

En doublant ces chiffres pour descendre à trente mètres, étant admise une vitesse à peu près égale, je calculai qu'il me faudrait au moins douze secondes pour atteindre le fond et seize secondes pour remonter, ensemble vingt-huit à trente secondes environ. D'après cette donnée, et ne présumant pas, après des épreuves réitérées auxquelles j'avais soumis mes poumons, pouvoir rester, au maximum, pendant plus de quarante-cinq secondes sous l'eau sans respirer, il ne devait plus me rester qu'une marge stricte de quinze secondes pour ma station au fond de la mer. Cela semblait

insuffisant. Il me parut qu'il fallait bien, pour détacher à la spatule un extrait du sol, le mettre dans une pochette, et couper ensuite le lest de mes jambes, au moins une vingtaine de secondes. Il ne me restait plus dans ce cas que vingt-cinq secondes pour descendre et remonter. D'où la nécessité de gagner quelques secondes en augmentant mon poids par un excédant de lest à la descente et ma légèreté spécifique par un appareil aérien à la remonte.

Au lieu d'un simple lest de 25 kilos de galets siliceux noirs, je préparai pour la descente quatre sacs de galets de 20 kilos chacun, dont deux devaient être amarrés par des cordons aux jambes, à la cheville, et les deux autres tenus dans les mains; en tout 80 kilos de surpoids.

En outre, pour faciliter la remonte, je confectionnai un chapelet de dix vessies de porc, divisées chacune en deux petits lobes ou compartiments à air par une ligature centrale. J'enveloppai ce chapelet dans une bande de toile adaptée en ceinture autour de la taille en guise de vessie natatoire.

Pour préserver la tête, un bonnet de coton bourré de linge et maintenu par une serviette en mentonnière.

Deux filins parallèles, de la grosseur du petit doigt, étaient attachés à ma personne. Le filin gris, fixé derrière ma ceinture, était le cordon de sûreté destiné, au besoin, à me ramener vif ou mort. Le filin rouge était fixé à mon bras gauche. C'était la corde de détresse, pour donner à mes hommes, en la tirant moi-même, le signal de me ramener au plus vite [1].

Un couteau de précaution pendait à mon poignet gauche, pour couper le lest de mes pieds. La spatule en langue de ser-

1. Le filin de sûreté ne m'était guère utile, car je remontais naturellement plus vite que l'on ne pouvait le retirer. Je ne sentis son action qu'une seule fois. C'est alors que j'étais arrêté et lorsque je dérivais réellement pendant l'attaque des poissons dont il sera parlé ci-après.

pent suspendue à mon poignet droit, était également affilée à double tranchant pour couper les cordons de mon lest après avoir servi à éclater un échantillon du sol. Une pochette devant l'abdomen était préparée pour recevoir cet échantillon.

Observations sur moi-même.

Dans mes petites expériences à 15 mètres de profondeur, j'avais éprouvé déjà une douleur assez vive aux oreilles et une légère pression, toutefois sans douleur, à l'abdomen et au thorax. La pression peu sensible sur les yeux ne pouvait me contraindre à les fermer. Elle était suivie d'une irritation assez vive en sortant de l'eau. Alors la vue était un peu trouble, mais la clarté revenait après avoir fermé les yeux pendant un instant. L'irritation aux fosses nasales était beaucoup plus sensible que celle des yeux. Je ressentais également, en reprenant l'air, une impression d'anxiété toute physique, une sorte de malaise au larynx et aux poumons que j'attribuai, d'une part, à l'isolement de l'air auquel ces appareils se trouvaient violemment soumis, pendant un temps très-court il est vrai, et ensuite à la réaction produite sur la muqueuse aérienne par l'invasion subite de l'air. Cet état assez pénible cessait au bout de quelques minutes quand l'équilibre de la respiration était rétabli.

Je n'éprouvais pas de soif en sortant de la mer, et cela s'explique par la masse d'eau qui pénètre nos tissus, sous la pression du liquide environnant. Cependant je buvais volontiers quelques gorgées de gloria (café, rhum et sucre). Puis je reprenais vite mon équilibre, n'ayant réellement éprouvé aucune déperdition appréciable de forces, vu la courte durée de l'immersion et de l'effort passif plutôt qu'actif qui l'accompagne.

Précautions préservatrices.

Ces premières expériences me conduisirent à prendre diverses précautions pour plonger à de plus grandes profondeurs. D'abord je reconnus la nécessité de ne pas compliquer l'opération par le plus minime travail de digestion. Après avoir dîné la veille comme à l'ordinaire, je restais à jeun les jours où je devais plonger, me soutenant très-bien par du café noir pur.

Pour préserver les trompes et la membrane du tympan, je dus me remplir l'oreille moyenne de charpie mêlée de beurre et couvrir le cornet auditif externe d'une large compresse également beurrée, le tout maintenu par le bonnet de coton et comprimé par une mentonnière reliée au sinciput. J'introduisis dans les narines une mèche de coton beurrée, facile à retirer, dont la présence suffisait pour préserver les fosses nasales de la pression directe de l'eau, tout à fait insupportable à de grandes profondeurs.

Quant à la bouche, je la remplissais, à l'instant même de l'immersion, d'une petite cuillerée d'huile d'olive, ainsi que je l'avais vu faire par des plongeurs de la Méditerranée; précaution bien utile, en ce qu'elle permet de soulager au besoin une oppression des poumons, en facilitant l'émission de quelques bulles d'air sans desserrer les dents et sans être exposé au danger d'avaler de l'eau.

Ce fut dans ce grotesque accoutrement que je me lançai dans l'abîme, sur des points dont la profondeur sondée variait de 30 à 33 mètres.

Le pilote Ternisien, du port de Boulogne, homme sûr et prudent, dont j'avais maintes fois éprouvé l'intelligence et le dévouement, était sur le tillac et dirigeait le dévidage rapide des deux filins placés sous sa main comme deux cordons

sympathiques qui, dans ces courts instants, liaient ma vie à la sienne. Un jeune matelot lui tenait la montre devant les yeux, en comptant tout haut les secondes : un, deux, trois, etc. Quand les filins cessaient de glisser, Ternisien observait l'instant où j'atteignais le fond de la mer. Puis il attendait, tout entier à son devoir, son âme suspendue à la mienne, pour retirer le filin gris de sûreté, jusqu'à ce que l'aiguille eût marqué trente secondes. Mais je ne lui en laissais pas le temps. Vingt-deux ou vingt-cinq secondes étaient à peine écoulées que sa main gauche sentait frémir le cordon rouge de détresse, indiquant que je quittais le fond de la mer.

En effet, à peine avais-je atteint le sol sur lequel mes sacs de galets tombaient avec un certain choc auquel j'étais préparé, que : planter ma spatule dans l'argile, éclater un extrait par une pesée, le saisir, le jeter dans la pochette, puis couper les cordons du lest suspendu à mes jambes et lâcher tout, c'était l'affaire d'un instant très-court que je me gardai bien de prolonger d'une pulsation dès la première immersion.

Je descendis ainsi trois fois consécutives dans la même journée; la deuxième fois, à 500 mètres environ dans le Nord de la première expérience, et la troisième fois à 500 mètres encore plus loin dans le Nord, étendant ainsi l'observation locale sur une longueur d'un kilomètre environ, au milieu du chenal anglais.

Observations sur le fond de la mer.

Dans ces descentes rapides, je ne pouvais jeter qu'un regard bien furtif sur le fond de la mer, qui était en cet endroit entièrement sombre quand le soleil était couvert. Cette obscurité était accrue par la couleur très-foncée du terrain dans cette région. Mais quand le soleil était ardent, et c'était le cas dans

mes deux premières descentes, le milieu liquide prenait un aspect un peu laiteux, assez transparent, et l'on distinguait très-bien des débris de coquilles blanches, dont le fond sombre de la mer était un peu parsemé. Je vis même passer des corps miroitants, entraînés par un mouvement rapide, et que je jugeai être des bandes de poissons plats, de la famille des soles ou des raies, troublés par ma présence et planant dans l'abîme.

Ce fut en remontant de ma troisième et dernière visite au fond de la mer que je fus attaqué par des poissons carnassiers, qui me saisirent aux jambes et aux bras. L'un d'eux me mordit au menton, et m'eût du même coup entamé la gorge si elle n'eût été préservée par une épaisse mentonnière. Je me débarrassai promptement de celui-ci, qui me causait une douleur des plus vives et qui me lâcha au premier contact de ma main.

Était-ce un mouvement invêrse réel ou le simple effet d'une anxiété bien justifiée? Il me sembla, pendant un instant très-court il est vrai, que je dérivais et que ces animaux m'entraînaient vers le fond. Le fait est que mes hommes durent tirer un peu, et sentirent une certaine résistance sur le filin de sûreté, tandis que dans les autres expériences l'ascension naturelle avait toujours prévenu et précédé l'action du cordeau.

Je me jugeai perdu. Toutefois, préservé bien plus par une instinctive énergie que par un acte de volonté, je fus assez heureux pour ne pas ouvrir la bouche, et je reparus sur l'eau après 52 secondes d'immersion! Mes hommes virent un des monstres qui m'avaient assailli et qui ne me lâcha qu'à fleur d'eau. C'étaient des congres (grosses anguilles de mer).

Quant à moi, je ne les vis pas, tant ma vue était trouble. Je me bornai à faire la croix de Saint-André, en étalant mes membres sur l'eau, la face tournée vers le ciel, pour soulager

mes poumons et rétablir leurs fonctions interrompues pendant près d'une minute. Le pilote Ternisien m'eut bientôt saisi par l'épaule et m'attira dans le canot d'où je fus hissé par une vingtaine de bras sur le navire. Je comptai cinq blessures distinctes produites par les dents aiguës de ces horribles squales, et j'en conclus que ces malencontreux adversaires m'avaient attaqué au nombre de cinq à la fois. Ces blessures ressemblaient à des stigmates qui auraient été faits avec des fourchettes enfoncées dans la chair, et se fermèrent dès la nuit suivante.

Dans ces différentes évolutions je ne ressentis aucune de ces crampes tendineuses que j'avais parfois éprouvées en nageant, pendant ma jeunesse.

Je fus bien vite indemnisé de cette mésaventure, quand il me fut possible de constater que les extraits cueillis au fond de la mer étaient de l'argile wealdienne, identique à celle que j'avais reconnue en Angleterre, dans les plaines basses avoisinant le détroit. La lacune existant alors à mon diagramme géologique se trouvait ainsi comblée.

THOMÉ DE GAMOND.

NOTE II.

ÉTUDE COMMERCIALE

POUR L'APPRÉCIATION DU TRAFIC PRÉSUMÉ

PAR LE TUNNEL SOUS-MARIN

ENTRE L'ANGLETERRE ET LA FRANCE

Cette note a été établie d'après les documents statistiques sur le mouvement, par le détroit de Calais, des voyageurs, bagages, marchandises de grande et de petite vitesse, communiqués chaque année à l'auteur par les Compagnies des chemins de fer français du Nord, de l'Ouest et des chemins de fer belges.

MOUVEMENT
DES VOYAGEURS
ENTRE L'ANGLETERRE ET LA FRANCE
à l'Arrivée et au Départ
DANS LES TROIS PRINCIPAUX PORTS DE PASSAGE DU DÉTROIT
d'après la statistique de la Cie du chemin de fer du Nord

pour les gares de

Boulogne, Calais et Dunkerque

PENDANT LES TREIZE ANNÉES DE 1855 A 1867.

TABLEAU I.

ANNÉES.	BOULOGNE.	CALAIS.	DUNKERQUE.	TOTAL ANNUEL.
	Voyageurs.	Voyageurs.	Voyageurs.	Voyageurs.
1855.	167 527	126 959	129 854	424 340
1856.	175 927	126 999	116 876	419 802
1857.	157 701	141 656	157 866	457 223
1858.	170 194	128 899	167 254	466 347
1859.	163 913	130 634	150 934	445 481
1860.	181 761	138 742	152 955	473 458
1861.	199 367	131 087	172 589	503 043
1862.	224 958	175 599	149 807	550 364
1863.	228 337	153 962	157 681	539 980
1864.	245 091	154 724	175 264	575 079
1865.	248 938	162 234	184 220	595 392
1866.	228 429	154 780	199 068	582 277
1867.	406 170	247 815	213 394	867 379
TOTAUX. . . .	2 798 313	1 974 090	2 127 772	6 900 175

MOYENNE ANNUELLE DES VOYAGEURS

	Voyageurs.
Moyenne annuelle pour les six dernières années. Cie du Nord. . .	618 411
Cie de l'Ouest (Havre et Dieppe) pour les côtes anglaises du S. E.	65 000
Belgique (Anvers et Ostende) pour la Tamise et Douvres.	145 000
TOTAL du Mouvement annuel des Voyageurs.	828 411

MOUVEMENT
DES BAGAGES SUPPLÉMENTAIRES
TAXÉS DES VOYAGEURS
ENTRE L'ANGLETERRE ET LA FRANCE
à l'Arrivée et au Départ

DANS LES TROIS PRINCIPAUX PORTS DE PASSAGE DU DÉTROIT

d'après la statistique de la Cie du chemin de fer du Nord

pour les gares de

Boulogne, Calais et Dunkerque

PENDANT LES TREIZE ANNÉES DE 1855 A 1867.

TABLEAU II.

ANNÉES.	BOULOGNE.	CALAIS.	DUNKERQUE.	TOTAL ANNUEL.
	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
1855.	2 627 290	2 002 351	676 197	5 305 838
1856.	2 414 780	1 871 120	487 162	4 773 062
1857.	2 353 067	1 789 764	900 158	5 042 989
1858.	1 996 505	1 529 211	843 670	4 369 386
1859.	2 065 144	1 198 693	899 802	4 163 639
1860.	2 104 449	1 290 009	977 038	4 771 496
1861.	2 260 404	1 127 196	995 943	4 383 543
1862.	2 612 030	1 307 019	1 077 959	4 997 008
1863.	2 705 067	1 239 900	1 112 500	5 057 467
1864.	2 716 700	1 055 700	1 180 400	4 952 800
1865.	2 554 800	1 049 700	1 247 700	4 852 200
1866.	2 386 354	1 345 296	1 237 808	4 969 458
1867.	2 910 000	1 907 800	1 311 466	6 129 266
TOTAUX. . . .	31 706 590	18 713 759	12 947 803	63 368 152

MOYENNE ANNUELLE DES BAGAGES TAXÉS
ACCOMPAGNANT LES VOYAGEURS

	Tonnes.
Moyenne annuelle pour les six dernières années. Cie du Nord. . . .	4 874
Cie de l'Ouest (Havre et Dieppe) pour les côtes anglaises du S. E. .	520
Belgique (Anvers et Ostende) pour la Tamise et Douvres.	1 180
TOTAL annuel des Bagages supplémentaires taxés.	6 574

MOUVEMENT
DES MARCHANDISES
DE GRANDE VITESSE
ENTRE L'ANGLETERRE ET LA FRANCE
à l'Arrivée et au Départ
DANS LES TROIS PRINCIPAUX PORTS DE PASSAGE DU DÉTROIT

d'après la statistique de la Cie du chemin de fer du Nord

pour les gares de

Boulogne, Calais et Dunkerque

PENDANT LES TREIZE ANNÉES DE 1855 A 1867.

TABLEAU III.

ANNÉES.	BOULOGNE.	CALAIS.	DUNKERQUE.	TOTAL ANNUEL.
	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
1855.	8 694 652	2 879 791	1 971 870	13 546 313
1856.	8 979 923	2 499 726	1 662 564	13 142 312
1857.	9 131 765	2 295 416	1 928 677	13 355 858
1858.	9 242 043	2 661 057	1 624 361	13 527 461
1859.	10 231 519	2 444 800	2 057 633	14 733 952
1860.	10 495 300	2 993 600	3 271 300	16 760 200
1861.	10 674 155	2 941 687	2 509 603	16 125 445
1862.	11 105 283	2 983 358	2 275 544	16 364 185
1863.	10 836 840	2 910 800	2 804 000	16 551 640
1864.	11 969 300	2 915 100	3 136 200	18 020 600
1865.	10 868 200	2 528 600	3 461 300	16 858 100
1866.	9 588 073	2 909 609	2 699 750	15 197 432
1867.	11 274 000	3 837 000	2 205 865	17 316 865
TOTAUX. . .	133 091 053	36 800 544	31 608 667	201 500 264

MOYENNE ANNUELLE DES MARCHANDISES DE GRANDE VITESSE

	Tonnes.
Moyenne annuelle pour les six dernières années. Cie du Nord. . . .	16 716
Cie de l'Ouest (Havre et Dieppe) pour les côtes anglaises du S. E. .	1 530
Belgique (Anvers et Ostende) pour la Tamise et Douvres.	4 610
TOTAL du Mouvement annuel des Marchises Gde Vitesse. .	22 856

MOUVEMENT
DES MARCHANDISES
DE PETITE VITESSE
ENTRE L'ANGLETERRE ET LA FRANCE
à l'Arrivée et au Départ
DANS LES TROIS PRINCIPAUX PORTS DE PASSAGE DU DÉTROIT

d'après la statistique de la Cie du chemin de fer du Nord

pour les gares de

Boulogne, Calais et Dunkerque

PENDANT LES TREIZE ANNÉES DE 1855 A 1867.

TABLEAU IV.

ANNEES.	BOULOGNE.	CALAIS.	DUNKERQUE.	TOTAL ANNUEL.
	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
1855.	134 419 381	33 092 888	147 332 901	314 845 180
1856.	172 484 700	29 171 100	137 277 100	338 932 900
1857.	179 475 400	29 694 300	141 791 500	350 961 200
1858.	190 788 600	3 525 800	174 662 200	399 976 600
1859.	167 713 100	53 007 000	183 442 900	404 163 000
1860.	147 552 900	31 480 400	178 865 300	357 898 600
1861.	204 030 200	30 686 500	243 021 500	477 738 200
1862.	19[illegible] 257 20	29 045 200	208 347 200	431 649 600
1863.	237 499 200	27 860 2[illegible]0	252 474 300	517 833 700
1864.	297 7[illegible]8 10[illegible]	26 897 900	303 31 600	627 887 600
1865.	309 910 200	24 147 400	369 081 390	703 138 900
1866.	33[illegible] 635 70[illegible]	40 640 500	446 688 700	819 964 900
1867.	37[illegible] 900 000	75 870 000	449 592 000	897 362 000
TOTAUX. . . .	2 940 424 681	446 119 188	3 235 808 501	6 642 352 370

MOYENNE ANNUELLE

	Tonnes.
Moyenne annuelle pour les six dernières années. Cie du Nord. .	665 306
Cie de l'Ouest (Havre et Dieppe) pour les côtes anglaises du S. E.	292 000
Belgique (Anvers et Ostende) pour la Tamise et Douvres.	265 000
TOTAL du Mouvement des Marchandises de Pte Vitesse.	1 223 306

PRODUIT PROBABLE DU TUNNEL SOUS-MARIN

Après l'examen des quatre tableaux constatant le trafic passé et présent établi entre l'Angleterre et la France par le détroit, il importe de faire l'application de ce mouvement et de son extension progressive au produit probable du Tunnel sous-marin.

VOYAGEURS.

D'après le tableau I, le mouvement annuel moyen des voyageurs s'élève à 828 000 passagers[1]. Il n'y a donc pas d'exagération avec la progression toujours croissante constatée par ce tableau, à prévoir que ce mouvement pourra être d'un million de voyageurs au moins, lors de l'achèvement du tunnel, après une dizaine d'années. Il n'est tenu aucun compte, dans cette prévision, de l'accroissement de circulation que pourra produire le nouvel instrument de jonction. Tout en faisant la part, très-faible d'ailleurs, du détournement qui pourra être continué par la navigation, on ne saurait méconnaître que la grande facilité de voyager dans un même train de Paris à Londres, par le tunnel, déterminera un nouveau mouvement de circulation dont la mesure est incalculable. Mais bornons notre appréciation d'après les résultats acquis.

Soit 1 000 000 de voyageurs au prix de 7 francs, à raison de 14 cent. par kilomètre, pour un parcours de 50 kilomètres sur le Tunnel et ses voies d'accession, produisant un total de. . . . . 7 000 000 fr.

BAGAGES TAXÉS.

A raison de 8 kilog. par voyageur en moyenne, le poids des bagages supplémentaires correspondant au nombre de voyageurs ci-dessus est de 8000 tonnes à 25 fr. (50 cent. par tonne kilométrique). . . . . 200 000 fr.

A reporter. . 7 200 000 fr.

1. Un certain nombre de voyageurs venant de l'intérieur, constaté par le mouvement des gares maritimes, reste dans les ports et ne va pas au delà. Mais on estime que ce nombre est compensé par celui d'une certaine quantité de passagers circulant par les bateaux d'un pays à l'autre, et qui séjournent dans les ports du détroit, sans aller au delà, échappant ainsi au contrôle des chemins de fer.

Report. . 7 200 000 fr.

MARCHANDISES DE GRANDE VITESSE.

25 000 tonnes à 20 fr. (40 cent. par tonne kilométrique).. 500 000 fr.

MARCHANDISES DE PETITE VITESSE.

Le tableau IV indique que le mouvement de ces marchandises a doublé dans les six dernières années. On peut admettre qu'il pourra doubler en ore, après les dix ans de construction du Tunnel, par la jonction directe des chemins de fer anglo-français, qui épargnera la double manutention de bord, avantage considérable. On commencerait donc l'exploitation avec un mouvement probable de

3 000 000 de tonnes au prix moyen réduit de 5 fr. (soit 10 cent. par tonne kilométrique pour un parcours de 50 kil. sur le Tunnel et ses voies d'accession), ci. . . . . 15 000 000 fr.

TOTAL des recettes probables au début de l'exploitation. 22 700 000 fr.

Outre ce produit probable il convient d'entrevoir la perspective d'un accroissement continu du trafic par le défilé sous-marin, analogue à l'accroissement vérifié sur les grandes lignes de chemins de fer.

EN RÉSUMÉ, nous avons vu, au chapitre XXIII, que les dépenses prévues par la construction pourront absorber 200 millions de francs. Cette dépense, répartie sur les 50 kilomètres du Tunnel et des voies d'accession, correspond à 4 millions de francs par kilomètre.

La recette brute annuelle, entrevue dans le présent chapitre, s'élèverait à 22 700 000 francs, et à 454 000 francs par kilomètre.

En ce qui concerne les dépenses d'exploitation, *il ne saurait exister aucune analogie* entre celles de ce chemin de fer et celles des chemins de fer ordinaires, qui absorbent à peu près la moitié du produit. Ces dépenses seraient ici très-faibles, et se réduiraient à l'entretien du monument et surtout à celui de la voie, de manière à le tenir constamment libre, moyennant un péage, à l'instar d'un pont, pour les Compagnies voisines qui la franchiraient avec leurs propres trains. L'administration du Tunnel n'aurait d'autre matériel que des engins de remorque, si cela était reconnu nécessaire.

Étant admise la recette brute annuelle ci-dessus indiquée, de 450 000 francs par kilomètre, provenant d'un péage établi d'après les tarifs kilométriques énoncés dans ce chapitre, il n'est pas présumable que les dé-

penses d'entretien du Tunnel, y compris l'amortissement, puissent en absorber plus de 12 pour 100; soit 54 000 francs par kilomètre, ou 2 700 000 francs par an.

En sorte que le produit net annuel du Tunnel sous-marin, évalué à 400 000 francs par kilomètre ou 20 millions de francs, et appliqué au capital créateur de 200 millions, laisserait une marge bénéficiaire amplement suffisante.

CONCLUSION.

On voit par les données qui précèdent, provenant de sources officielles et authentiques, que le Tunnel sous-marin, à part les avantages d'intérêt général entrevus dans sa création, est destiné à devenir une entreprise essentiellement productive, et que les capitaux nécessaires peuvent être appliqués utilement à son exécution.

THOMÉ DE GAMOND.

NOTE III.

PROJETS DE TUNNELS APPLICABLES A DIVERSES CONTRÉES.

Pendant la longue durée des études du tunnel sous-marin entre l'Angleterre et la France, nous avons eu quelquefois l'occasion d'examiner les conditions d'établissement de plusieurs ouvrages du même genre destinés à relier des territoires par-dessous la mer, ou les rivages maritimes de certains fleuves. C'est ainsi que nous avions élaboré successivement trois avant-projets pour réunir la Grande-Bretagne à l'Irlande : un premier projet direct par-dessous le canal Saint-Georges, entre l'île d'Anglesey et la pointe de Kingstown, près de Dublin, et deux autres projets moins directs, entre le nord de l'Irlande et l'Ecosse.

Plus tard, une étude des tunnels scandinaves, pour relier le Jutland, les îles danoises de Fionie et de Séelande à la Suède, par-dessous les deux Belts et le Sund, fut commencée en vue de rattacher les voies ferrées suédoises au réseau continental.

En 1866, nous avons demandé à S. A. R. le prince Oscar de Suède et de Norvége, commissaire à l'Exposition de 1867, l'autorisation d'exposer ce projet au champ de Mars. Le

prince n'a pas jugé cette exhibition des tunnels scandinaves opportune à ce moment.

Nous nous étions occupé précédemment d'un plan de jonction de la Sicile au territoire de Naples, avec l'approbation d'un homme d'État, mort avant d'avoir réalisé les grandes choses qu'il méditait pour sa patrie. C'était sous les mêmes auspices que nous avions élaboré le projet de jonction de l'Adriatique à la mer d'Étrurie, par un canal à grande section à travers le territoire italien.

Des colons algériens nous avaient engagé à examiner la question d'un tunnel à travers le détroit de Gibraltar pour aller de France en Algérie et de là en Égypte, par l'Espagne, sans passer la mer.

S. E. Ahmed Fethi-Pacha, beau-frère du sultan Mahmoud, grand maître de l'artillerie et ambassadeur de la Porte ottomane à Paris, nous excitait à étudier deux voies souterraines pour relier l'Europe à l'Asie Mineure par-dessous le Bosphore et les Dardanelles.

Une Compagnie nous avait consulté sur la possibilité d'établir une communication entre l'île de Sardaigne et la Corse par-dessus ou par-dessous les bouches de Bonifacio.

Enfin, nous avions été successivement conduit, à l'occasion d'autres travaux, à étudier des passages souterrains par-dessous le Mœrdyk dans les Pays-Bas, sous la Mersey entre Liverpool et Birkenhead, et sous les lits maritimes de la Neva, du Tage, de la Seine, de la Loire et du Rhône.

Nous avons acquis la certitude que la plupart de ces ouvrages sont possibles, et la conviction que plusieurs d'entre eux seront exécutés avec le temps.

Nous avions préparé et annoncé, il y a une quinzaine d'années, la publication d'un exposé général de ces diverses questions et de quelques autres du même ordre, dans la pensée

d'en provoquer l'examen et la solution ; mais nous fûmes retenu par les sages conseils de notre cousin et frère d'adoption Adolphe Thibaudeau, qui jugeait avec raison ces propositions prématurées. Suivant lui, il fallait laisser aux populations intéressées l'initiative de ces projets, dont la publication anticipée pouvait faire une diversion regrettable à l'attention du public, qu'il importait de rallier de préférence à la question déjà mûre du tunnel anglo-français.

THOMÉ DE GAMOND.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages.

AVIS DE L'AUTEUR VII

DÉDICACE. — A mes maîtres. IX

INTRODUCTION. — L'isolement géographique de l'Angleterre va finir. . XV

ÉTAT DES PLANS exposés à l'Exposition universelle de 1867, pour l'étude d'un Tunnel sous-marin entre l'Angleterre et la France. — Classe 65. — Grande Galerie des Machines. Section d'Amérique. XXIII

PREMIÈRE PARTIE. — PROJETS ANCIENS.

Chap.

I. 1833 — Origine de ces études. 1

II. 1834 — Premier projet. — Tunnel immergé. 5

III. 1835 — Bouclier hydrographique 8

IV. 1836 — Pont sur le Détroit 11

V. 1837 — Bac flottant sur le Détroit. 16

VI. 1838-1839 — Examen géologique du Détroit. 19

VII. 1840 — Isthme de Douvres 22

VIII. 1842-1844-1855 — Nouvelles explorations géologiques. . . . 25

IX. 1856 — Nécessité d'un examen officiel du projet. — Publication des études. 28

X. 1857-1858 — Opinion publique en France et en Angleterre sur le projet du Tunnel sous-marin. — Ajournement. 34

DEUXIÈME PARTIE. — PROJET NOUVEAU.

XI. 1866 — Reprise du projet. 55

XII. Critique du projet de 1856 par l'Auteur 58

XIII. Projet nouveau du Tunnel sous-marin, terminé en 1866, et présentement exposé au Champ de Mars 61

Chap. Pages.
XIV. Tracé du Tunnel. 63
XV. Examen géologique des terrains traversés par le tracé. 66
XVI. Les voies d'accession du Tunnel. 72
XVII. Ilot de Varne 75
XVIII. Profil longitudinal du Tunnel. 84
XIX. Coupe transversale du Tunnel. 87
XX. Galeries d'assainissement. 89
XXI. Citernes d'égout 91
XXII. Aérage du Tunnel et des galeries. 92
XXIII. Dépenses d'éxécution 97
XXIV. Forces hydrauliques applicables au percement du Tunnel. . . . 104
XXV. Durée présumable des travaux. 106
XXVI. Conclusion 108

APPENDICE.

Note I. Visite au fond de la mer, pour constater le terrain de formation wealdienne. 111
Note II. Étude commerciale pour l'appréciation du trafic présumé par le Tunnel sous-marin, entre l'Angleterre et la France. . . 121
Note III. Projets de Tunnels applicables à d'autres contrées. 130

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

10591. — IMPRIMERIE GÉNÉRALE DE CH. LAHURE
Rue de Fleurus, 9, à Paris

A FINE IS INCURRED IF THIS BOOK IS NOT RETURNED TO THE LIBRARY ON OR BEFORE THE LAST DATE STAMPED BELOW.

CANCELLED
DEC 28 19
4318
DEC 19

1 vol + atl

Eng 778.69
Memoire sur les plans du projet no
Cabot Science 006737522
3 2044 091 996 793